

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL

ÉVALUATION DU SUCCÈS DE REPRODUCTION CHEZ LE GOÉLAND À BEC
CERCLÉ DE LA COLONIE DE L'ÎLE DESLAURIERS

MÉMOIRE

PRÉSENTÉ

COMME EXIGENCE PARTIELLE

DE LA MAÎTRISE EN BIOLOGIE

PAR

FLORENT LAGARDE

AVRIL 2013

UNIVERSITÉ DU QUÉBEC À MONTRÉAL
Service des bibliothèques

Avertissement

La diffusion de ce mémoire se fait dans le respect des droits de son auteur, qui a signé le formulaire *Autorisation de reproduire et de diffuser un travail de recherche de cycles supérieurs* (SDU-522 – Rév.01-2006). Cette autorisation stipule que «conformément à l'article 11 du Règlement no 8 des études de cycles supérieurs, [l'auteur] concède à l'Université du Québec à Montréal une licence non exclusive d'utilisation et de publication de la totalité ou d'une partie importante de [son] travail de recherche pour des fins pédagogiques et non commerciales. Plus précisément, [l'auteur] autorise l'Université du Québec à Montréal à reproduire, diffuser, prêter, distribuer ou vendre des copies de [son] travail de recherche à des fins non commerciales sur quelque support que ce soit, y compris l'Internet. Cette licence et cette autorisation n'entraînent pas une renonciation de [la] part [de l'auteur] à [ses] droits moraux ni à [ses] droits de propriété intellectuelle. Sauf entente contraire, [l'auteur] conserve la liberté de diffuser et de commercialiser ou non ce travail dont [il] possède un exemplaire.»

AVANT-PROPOS

Ce mémoire de maîtrise est rédigé sous forme traditionnelle et sera ultérieurement converti en article pour soumission à un périodique scientifique. J'ai effectué la collecte des données sur l'île Deslauriers en 2010 et 2011 ainsi que l'ensemble des analyses statistiques et la rédaction du mémoire. Les données prises en 2009 ont été faites par François Racine et Ericka Thiériot. Jean François Giroux, initiateur du projet sur l'étude du comportement des Goélands à bec cerclé en milieu urbain et périurbain dans une perspective de gestion intégrée, m'a appuyé dans l'élaboration du projet. Il a assuré la supervision de la collecte des données, des analyses et de l'interprétation des résultats. Il a également grandement participé à la construction du mémoire par ses corrections et ses suggestions.

Tout d'abord, je tiens à remercier grandement mon directeur de recherche, Jean-François Giroux, pour m'avoir offert l'opportunité de réaliser ma maîtrise alors que je n'étais pas éligible aux bourses gouvernementales car non résident permanent. Je tiens également à souligner son aide, ses encouragements et sa patience durant ces deux années qui représentent une expérience unique pour ma part. Je lui suis également très reconnaissant de la confiance qu'il m'a eue pour moi en m'envoyant sur des projets différents, qui m'ont permis de découvrir de nouvelles techniques de travail, de nouvelles personnes et enfin certains territoires du Québec.

Je tiens également à remercier nos deux techniciens de terrain, Francis St-Pierre et Mathieu Tremblay envers qui je suis très reconnaissant. Leur grande organisation pour la préparation du matériel et la logistique sur le terrain ont grandement contribué à la collecte des données. Les nombreux sujets de discussion que nous avons eus ont tous été plus enrichissants les uns que les autres. Un merci particulier à Francis St-Pierre qui m'a épaulé et m'a fait confiance durant mes travaux de terrain et les expériences extérieures de captures et marquage de canard de mer.

J'aimerais remercier mes collègues de laboratoire, Martin Patenaude-Monette, Cécile Girault, Ericka Thiériot, François Racine, Annick Pannetier Lebeuf et Catherine Pilotte pour tous leurs précieux conseils, leur bonne humeur et leurs discussions enrichissantes. Je suis reconnaissant envers Catherine Pilotte pour son aide et ses conseils sur l'utilisation du logiciel MARK. Un merci particulier à Martin Patenaude-Monette, Annick Pannetier Lebeuf et Cécile Girault pour leur aide et leur conseil en analyse statistique.

Je tiens à remercier les stagiaires de terrain qui m'ont aidé durant la récolte des données sur le terrain et leur retranscription au laboratoire. Merci à eux pour leur bonne humeur et leurs discussions même lors des sorties avec une météo défavorable. Un grand merci également à ma famille et mes amis qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de ces deux années passées à Montréal. Enfin je tiens à présenter mes excuses les plus sincères à la colonie de goélands à bec cerclé de l'île Deslauriers pour tout le dérangement que nous avons pu occasionner. Je ne suis absolument pas frustré quant aux nombreuses douches gratuites qu'ils ont pu me donner.

TABLE DES MATIÈRES

AVANT-PROPOS.....	ii
LISTE DES FIGURES.....	vi
LISTE DES TABLEAUX	vii
RÉSUMÉ.....	viii
INTRODUCTION.....	1
1.1 Modélisation et aménagement d'espèces surabondantes	1
1.2 Le goéland à bec cerclé	2
1.3 Nuisances occasionnées par les goélands.....	3
1.4 Connaissances sur le succès reproducteur.....	4
1.5 Conditions des juvéniles.....	6
1.6 Objectifs de l'étude.....	6
MATÉRIEL ET MÉTHODES.....	8
2.1 Site d'étude.....	8
2.2 Suivi des nids.....	8
2.3 Suivi des juvéniles.....	9
2.4 Analyses statistiques.....	10
RÉSULTATS.....	14
3.1 Chronologie de nidification	14
3.2 Taille de ponte.....	15
3.3 Succès de nidification.....	16
3.4 Succès d'édosion.....	17
3.5 Survie des juvéniles	18
3.6 Succès de reproduction.....	19
3.7 Comparaisons historiques.....	20
3.8 Croissance des juvéniles.....	21
3.9 Données météorologiques	21
DISCUSSION	22
4.1 Chronologie de nidification	22

4.2 Succès reproducteur.....	25
4.3 Croissance et condition des jeunes	30
4.4 Impact des niveaux d'eau.....	31
CONCLUSION.....	33
BIBLIOGRAPHIE.....	36
ANNEXES : FIGURES ET TABLEAUX.....	42

LISTE DES FIGURES

Figure	Page
A.1 Chronologie de nidification des Goélands à bec cerclé pour l'ensemble de la colonie de l'île Deslauriers, Varennes, 2009-2011.....	42
A.2 Niveau d'eau du fleuve St-Laurent pour la région de Varennes, durant les mois d'avril et mai entre 2009 et 2011.....	42
A.3 Chronologie de nidification des Goélands à bec cerclé pour trois sections de la colonie de l'île Deslauriers, Varennes, 2009-2011.....	43
A.4 Fréquence de la taille de ponte des Goélands à bec cerclé de la colonie de l'île Deslauriers, Varennes, 2009-2011.....	43
A.5 Estimation de la survie journalière des nids de Goélands à bec cerclé à la colonie de l'île Deslauriers, Varennes, durant la période d'incubation en 2010 et 2011 pour 3 catégories d'âge de nids (5, 15 et 25 jours)	44
A.6 Taux de survie (%) des juvéniles de Goélands à bec cerclé marqués peu après leur éclosion et recapturés avant leur envol selon la chronologie de nidification, l'année et le type de végétation du site de nidification à la colonie de l'île Deslauriers, Varennes....	45
A.7 Proportion de survie (%) des juvéniles de Goélands à bec cerclé après le baguage selon la chronologie de nidification, l'année et le type de végétation du site de nidification à la colonie de l'île Deslauriers, Varennes.....	45

LISTE DES TABLEAUX

Tableau	Page
A.8 Taille de ponte moyenne (\pm ET) des Goélands à bec cerclé de la colonie de l'île Deslauriers, Varennes, 2009-2011.....	46
A.9 Sélection de modèles de la survie des nids de Goéland à bec cerclé basée sur le critère d'information d'Akaike (AIC) incluant le nombre de paramètres et le poids de chaque modèle pour examiner l'effet de l'année, de la section de l'île, du couvert de végétation, de l'âge du nid et de la date de la saison à la colonie de l'île Deslauriers, Varennes, 2010-2011.....	46
A.10 Taux d'éclosion (moyenne \pm ET) des œufs de Goélands à bec cerclé dans les nids avec succès à l'île Deslauriers, Varennes, 2009-2011.....	47
A.11 Synthèse des différents paramètres du succès de reproduction des Goélands à bec cerclé de l'île Deslauriers, Varennes, 2010-2011.....	47
A.12 Comparaison de différentes variables du succès reproducteur du Goéland à bec cerclé à l'île Deslauriers en 1979, 2010 et 2011.....	48
A.13 Mesures morphométriques et masse des Goélands à bec cerclé juvéniles avant leur envol à l'île Deslauriers, Varennes, 2010-2011 selon le type de végétation du site de nidification.....	49

RÉSUMÉ

La problématique des espèces du genre *Larus* en milieu urbain et périurbain est un fait d'actualité présent autant sur le continent américain qu'europpéen. Le Goéland à bec cerclé (*Larus delawarensis*) a connu une explosion démographique dans les années 80 qui le classe comme l'espèce de laridés la plus abondante en Amérique du nord. Le manque d'information sur sa dynamique de population dans le sud du Québec rend impossible la modélisation de la population ce qui nuit à la prise de décisions de la part des gestionnaires. Une étude de la reproduction de l'espèce sur la colonie de l'île Deslauriers, la plus grosse au Québec, a permis de combler une partie du manque d'informations. Notre premier objectif était de déterminer la chronologie de nidification, le succès de reproduction ainsi que la croissance des juvéniles avant leur envol à l'aide de la méthode des visites multiples à l'intérieur de 6 enclos déployés sur la colonie. Nous avons comparé nos résultats de manière à évaluer les différences interannuelles, les différences entre les sections de l'île ou selon le type de couvert de végétation. Notre deuxième objectif visait à comparer certains de nos résultats avec ceux trouvés au début des années 1980 sur la même colonie afin de regarder s'il existait des différences en fonction de l'évolution de la taille de la population dans le sud du Québec. La chronologie de reproduction diffère entre les années et est expliquée par les aléas du climat ainsi qu'à la disponibilité de la nourriture. La différence que nous avons observée entre les sections est simplement due au fait que les jeunes oiseaux s'installent généralement à la périphérie de la colonie et sont prêts plus tard à la reproduction. Nos résultats de succès de reproduction montrent que la production de jeunes (1,3 et 0,9 jeunes par couple pour 2010 et 2011 respectivement) est plus faible que dans les années 1980 (1,7 jeunes par couple). Cela est probablement dû à la disponibilité de nourriture qui a diminué durant l'élevage des jeunes en raison des nombreuses mesures d'effarouchement et de limitation d'accès à la nourriture dans les lieux d'enfouissement techniques (LET). Nos résultats permettent de combler le manque d'information sur la reproduction de cette espèce dans le sud du Québec et pourront être utilisés à des fins de modélisation de la population lorsque les paramètres de survie, d'émigration et d'immigration auront été déterminés. Enfin, même si la légère baisse des effectifs peut paraître alarmante, il est fort probable que la population s'ajustera à la capacité de support du milieu naturel et des milieux agricoles.

Mots-clés : Modélisation de population, Goélands à bec cerclé, succès reproducteur.

INTRODUCTION

1.1 Modélisation et aménagement d'espèces surabondantes

Les nombreux changements que l'homme a infligés à son environnement ont des répercussions plus ou moins directes sur le paysage où sur les populations animales sauvages. De nos jours, la biodiversité diminue à l'échelle mondiale, mais cette tendance n'implique par forcément une baisse des effectifs de toutes les espèces. Certaines, dont l'adaptabilité est meilleure, ont su tirer profit des ressources anthropiques présentes et ont vu leur population augmenter, parfois de façon exponentielle, jusqu'à atteindre un statut d'espèce nuisible. Ce phénomène d'explosion démographique peut amener à une réflexion quant au besoin d'un contrôle (direct ou indirect) des effectifs de la part des gestionnaires de la faune.

Un bon exemple de ce phénomène est le cas de la grande oie des neiges (*Chen caerulescens*). La récolte des différentes informations biologiques a rendu possible la modélisation de la dynamique de la population dans le but de projeter et d'explorer les effets de différents scénarios (Gauthier et Brault 1998). Les résultats obtenus permirent ensuite de mettre en place une gestion intégrée qui prend en compte l'ensemble des paramètres démographiques. Cela peut se traduire par la mise en place de méthodes directes influençant la dynamique de la population (arrosage des œufs, augmentation de la mortalité des adultes, etc...) ou des méthodes indirectes visant à modifier l'habitat ou les ressources alimentaires (aménagement des sites de reproduction ou meilleure gestion de la disponibilité de la nourriture). Les analyses démographiques, et notamment les analyses d'élasticité, jouent aujourd'hui un rôle important dans la gestion et la conservation des espèces. Elles permettent notamment de déterminer la contribution de chaque composante des paramètres démographiques (taille de ponte, succès de nidification et d'éclosion, mortalités des différentes classes d'âge, etc...) sur la démographie d'une population comme cela a été le cas dans l'étude de la grande oie des neiges (Gauthier et Brault 1998).

Parmi les cas de surabondance, la famille des laridés rassemble plusieurs espèces de goélands qui ont connu de fortes augmentations de leurs effectifs tant en Europe qu'en Amérique du Nord (Berger et al 2010; Belant et Dolbeer, 1993). Ces explosions démographiques ont amené leurs lots de nuisances et par la même occasion de nombreuses questions quand à l'aménagement de ces espèces. Nous nous intéressons, dans cette étude, au cas du goéland à bec cerclé (*Larus delawarensis*), qui est l'espèce de laridés la plus abondante en Amérique du Nord (Howell et Dunn, 2007).

1.2 Le goéland à bec cerclé

Le goéland à bec cerclé est une espèce que l'on retrouve en Amérique du Nord. Sur la côte Est, la distribution des oiseaux durant la saison de reproduction concerne le sud du Québec et l'Ontario. Ils forment alors des colonies allant des quelques dizaines à plusieurs milliers de couples. À la fin de l'été, le patron de migration amène les oiseaux à se disperser vers le sud, entre la Nouvelle Angleterre et la Floride (Blokpoel et Tessier, 1986; Howell et Dunn, 2007; Pollet et al, 2012). Ces effectifs ayant considérablement diminué au début du XXe siècle dû à l'exploitation de sa chair, ses œufs et ses plumes (Blokpoel et Tessier 1986), le goéland à bec cerclé est une espèce protégée depuis 1916 par la Convention concernant les oiseaux migrateurs, signée par le Canada et les États-Unis. Cette mesure de protection, associée à la multiplication des sites de reproduction comme les îles (protection contre les prédateurs) ainsi qu'à l'augmentation de nourriture d'origine anthropique ont permis aux populations d'augmenter de façon exponentielle, à tel point qu'il est, aujourd'hui, le laridé le plus représenté en Amérique du Nord (Blokpoel et Tessier, 1986; Mousseau, 1984; Pollet et al, 2012). La multiplication des lieux d'enfouissement technique (LET) et une gestion peu rigoureuse de ces sites dans la deuxième moitié du 20^e siècle ont procuré une source de nourriture facile d'accès pour les goélands nicheurs (Pons, 1992; Duhem et al, 2008).

En Amérique du Nord, la population de goéland à bec cerclé a été estimée à 1,7 millions d'individus, dont 240 000 sont présents au Québec (Chapdelaine et Rail 2004). C'est en 1953, que les premiers cas de Goéland à bec cerclé nicheurs ont été enregistrés au niveau de la région de Montréal (Mousseau 1984). Avant ces observations, les populations

québécoises étaient essentiellement installées sur la côte nord du fleuve Saint-Laurent (Pollet et al, 2012). Actuellement, une douzaine de colonies sont établies au niveau du Québec méridional le long du fleuve Saint-Laurent. D'après le Service Canadien de la Faune (SCF, données non publiées), la population de Goélands à bec cerclé dans le sud du Québec semble avoir atteint une certaine stabilité voir une légère diminution de ses effectifs. L'effectif de la grande région de Montréal est d'environ 68 000 couples, dont une grande partie (48 000 couples) se retrouve à Varennes sur l'île Deslauriers (P. Brousseau, SCF, communication personnelle).

1.3 Nuisances occasionnées par les goélands

Étant une espèce opportuniste (Blokpoel et Spaans, 1991), le goéland à bec cerclé sait tirer profit des ressources alimentaires anthropiques (LET, déchets de restauration rapide, nourrissage, etc....) ainsi que de l'apparition de nombreux sites de nidification artificiels (îles, toits plats d'édifices, etc....). Cette forte capacité à s'adapter à son environnement est la raison qui a amené l'explosion démographique de l'espèce (Blokpoel et Scharf, 1991; Dwyer, Belant et Dolbeer, 1996). Il a été noté que ces fortes concentrations de goélands installés à proximité des villes engendrent souvent des problèmes et désagréments (Belant, 1997). Ces nuisances peuvent être rapportées par les citoyens qui se plaignent que les fientes des oiseaux atterrissent dans leur cour ou sur les véhicules entraînant par la suite une dégradation matérielle. Ceci se produit surtout durant la période de reproduction lorsque les goélands multiplient les allers-retours entre la colonie et les sites d'alimentation afin d'assurer le besoin alimentaire de leur progéniture. Le goéland à bec cerclé est également vu d'un mauvais œil pour sa présence bruyante et parfois son agressivité dans les lieux publics (Blokpoel, 1983). Lors de la période de post-reproduction, les oiseaux se regroupent sur les lacs qu'ils utilisent comme dortoirs. Cela pose des désagréments au niveau des riverains mais la crainte principale est celle de la contamination bactérienne. Effectivement les goélands sont porteurs de pathogènes transmissibles à l'homme par leurs fientes qui contiennent des bactéries pouvant potentiellement rendre une eau impropre à la consommation ou à la baignade. L'aspergillose, l'histoplasmosse, le botulisme, la salmonellose, la chlamydie et l'entérite campylobactérienne sont les principales maladies concernées et transmissibles à l'homme

(Lévesque et al, 2000).

Les aéroports sont des sites prisés par les goélands car une multitude d'insectes sont présents en raison des lumières et de la chaleur que procurent les pistes en asphalte. Cela représente un fort risque de collisions avec les avions ce qui est un enjeu économique important, en plus de provoquer des pertes humaines. À titre d'exemple, le goéland à bec cerclé représente 80 % des impacts avec les appareils à l'aéroport international John F. Kennedy de New York (Dolbeer et al. 1993).

1.4 Connaissances sur le succès reproducteur

La connaissance de la dynamique d'une population est un élément que l'on ne peut pas négliger lorsqu'on aborde une question de gestion d'une espèce. Ce domaine d'étude est composé de quatre paramètres représentés par la natalité, la mortalité, l'émigration et l'immigration. Les deux derniers paramètres sont souvent ignorés en raison de la difficulté à les estimer. La mortalité quand à elle peut être estimée grâce au marquage d'individus et à l'utilisation de modèles de Capture-Marquage-Recapture (Lebreton et al, 1981). Finalement, le succès reproducteur qui fait partie du paramètre de natalité, incorpore différentes variables incluant le nombre d'œufs pondus, le succès d'éclosion et le succès d'élevage.

En termes de régulation, la prédation peut jouer un rôle très important au niveau du succès de reproduction de l'espèce. Ainsi, des colonies qui sont reliées à la terre ferme auront plus de chances d'être soumises à des prédateurs comme le Raton laveur (*Procyon lotor*) que des colonies situées sur des îles (Emlen et al, 1966). Il a cependant été noté que la prédation du goéland à bec cerclé lui-même (cannibalisme) est souvent la cause principale de mortalité des œufs et des jeunes (Lagrenade et Mousseau, 1981; Vermeer, 1970).

Le choix du site de nidification dans une colonie peut influencer le succès reproducteur chez les goélands (Yorio et al, 1995). Effectivement, la densité des nids et la position au sein d'une même colonie peuvent influencer le succès d'éclosion et la survie des jeunes. L'étude de Lagrenade et Mousseau (1981) a mis en évidence la répartition spatiale et

temporelle de l'établissement des nids au sein d'une colonie. Les oiseaux plus jeunes, étant prêts à se reproduire plus tard dans la saison, seraient refoulés vers la périphérie de la colonie par les individus plus âgés et plus expérimentés qui nichent au centre (Ryder, 1975). Racine et al. (2012) a démontré que les oiseaux qui nichent dans différents secteurs de l'île Deslauriers se dirigeaient dans des directions différentes pour aller s'alimenter. L'emplacement du nid, influencé par l'âge du couple nicheur (Haymes et Blokpoel, 1980), pourrait ainsi avoir une incidence sur l'alimentation des oiseaux. Par conséquent, la chronologie de reproduction, le succès de nidification ainsi que la survie et la condition des juvéniles pourraient varier selon les différentes parties de l'île.

Le couvert végétal est également un facteur qui influence le succès de reproduction chez les goélands (Yorio et al, 1995). La végétation n'a pas d'effet sur le succès d'éclosion et la survie des jeunes jusqu'à l'âge de 5 jours mais elle devient un sérieux atout lorsque les jeunes commencent à s'aventurer au-delà du nid, diminuant ainsi les effets de la prédation et des conditions météorologiques. Sur l'île Deslauriers, les oiseaux nichent sur deux types de couvert végétal dominant, à savoir un couvert de graminées et un d'herbacées. Si l'on prend en compte le fait que la prédation con-spécifique est bien présente chez cette espèce (Vermeer, 1970; Lagrenade et Mousseau, 1981; Brown et Lang, 1996), la végétation peut s'avérer être un sérieux avantage durant la période de reproduction. Étant donné que la colonie de Deslauriers se trouve sur une île, la présence de prédateurs mammifères est rare et très aléatoire. Cependant, il a été rapporté que le bihoreau gris, présent sur l'île (colonie de 200 couples dans la roselière de l'île), était un prédateur des jeunes sternes (Hunter et Morris, 1976) et peuvent donc potentiellement représenter une menace pour les jeunes goélands à bec cerclé qui ne volent pas encore.

Le succès de reproduction du goéland à bec cerclé a déjà fait l'objet de plusieurs études en Ontario et aux États-Unis (Blokpoel et Tessier, 1986; Vermeer, 1970; Ryder and Ryder, 1981; Dexheimer and Southern, 1974). Les tendances de différentes études réalisées montrent un succès de reproduction compris entre 1.0 (Vermeer, 1970) et 1.5 jeunes par couple (Dexheimer and Southern, 1974). Les seules estimations du succès de reproduction du goéland à bec cerclé dans le sud du Québec remontent à la fin des années 1970 (Mousseau

et Lagrenade, 1980, Lagrenade et Mousseau, 1981). On soupçonne qu'à cette période, les oiseaux bénéficiaient d'un apport de nourriture anthropique provenant du LET Saint-Michel dans l'ancienne carrière Miron (Brousseau et al. 1996) et que la population du sud du Québec était alors au début de sa phase d'explosion démographique. Malheureusement le manque de suivis ne nous permet pas d'avoir des informations précises quand au nombre de goélands à bec cerclé présent entre 1982 et 1991. Actuellement, il y a un manque d'information sur le succès de reproduction de l'espèce dans le sud du Québec. Il serait donc opportun d'estimer le succès de reproduction de cette population qui semble aujourd'hui avoir atteint une certaine stabilité, voir un léger déclin.

1.5 Conditions des juvéniles

La condition des juvéniles au moment de l'envol a souvent été mis en évidence comme un facteur influençant leur survie chez des espèces d'Anserinés comme l'Oie rieuse (*Anser albifrons frontalis*, Schmutz and Ely 1999) et la Bernache du Canada (*Branta canadensis interior*; Hill et al. 2003). Les facteurs qui influencent la condition chez ces espèces sont souvent reliés à des facteurs dépendants de la densité et à une dégradation des habitats d'alimentation durant l'élevage. Pour les juvéniles de laridés qui doivent être nourris par les parents, on peut aussi spéculer que l'apport de la nourriture par les adultes doit varier (Pons et Migot 1995) et ainsi influencer la condition des oiseaux avant l'envol. Pons et Migot (1995) ont observé une baisse du pourcentage de jeunes à l'envol après diminution d'une source d'alimentation anthropique. À notre connaissance, aucune étude n'a regardé la condition des juvéniles de goélands à bec cerclé avant leur envol ni les facteurs qui peuvent l'influencer.

1.6 Objectifs de l'étude

Le premier objectif de notre étude vise à établir la chronologie de nidification du goéland à bec cerclé de la colonie de l'île Deslauriers. Nous avons voulu voir s'il était possible d'associer certains comportements et déplacements des oiseaux en fonction de la chronologie de reproduction. Le second objectif de notre étude était de réunir les différents

paramètres qui composent le succès reproducteur du goéland à bec cerclé de l'île Deslauriers. Nous nous sommes donc intéressés à la taille de ponte, le succès de nidification, le succès d'éclosion et enfin à la survie des poussins. Les différents paramètres qui composent le succès reproducteur du goéland à bec cerclé de l'île Deslauriers sera ultimement utilisé pour modéliser la dynamique de cette population. Nous avons également réalisé une comparaison historique de certains de nos résultats avec ceux trouvés sur l'île de la Couvée et l'île Deslauriers dans les années 80. Nous avons cherché à voir si le succès reproducteur durant notre étude (population stable ou en légère baisse) était plus faible que celui trouvé dans les années 80 (population en augmentation). Enfin, notre troisième et dernier objectif était d'évaluer la structure et la masse des juvéniles avant l'envol dans le but de voir si la condition des juvéniles variaient selon les années, les sections de la colonie et le type de végétation.

MATÉRIEL ET MÉTHODES

2.1 Site d'étude

L'étude s'est déroulée de 2009 à 2011 sur l'île Deslauriers (45.717°N, 73.433°O) à 3 km au nord est de Montréal, sur le Fleuve St. Laurent. L'île mesure environ 600 m de long, une largeur variable entre 70 et 180 mètres et une superficie approximative de 11.4 ha. Environ 48 000 couples sont présents durant la période de reproduction ce qui en fait la plus grosse colonie de Goélands à bec cerclé du Québec (Service Canadien de la Faune, données non publiées).

2.2 Suivi des nids

Nous avons utilisé la méthode des visites multiples, une technique souvent utilisée pour l'étude du succès de reproduction des espèces coloniales (Vermeer 1970, Chamberlain 1973, Haymes et Blokpoel 1978, Somppi 1978). Six places d'échantillon, sous forme d'enclos ont été disposées dans la colonie afin de contenir les jeunes en raison de leur comportement semi-nidifuge. L'île Deslauriers, n'étant pas de forme circulaire, nous avons délimité trois sections pour couvrir les deux extrémités de l'île et le centre et ainsi obtenir un échantillon le plus homogène possible de la colonie. Racine et al. (2012) avaient observé que les oiseaux nichant au sud et au nord de la colonie ne se dirigeaient pas dans la même direction pour aller se nourrir. Les trois sections ont été simplement identifiées comme les sections sud, centre et nord. Nous avons installé 2 enclos dans chacune des trois sections. Chaque paire d'enclos incluait une zone avec de la végétation de graminées dominée par l'Agropyron rampant (*Agropyron repens*) et le Phalaris roseaux (*Phalaris arundinacea* L.) et une autre occupée par des herbacées représentées surtout par la Moutarde noire (*Brassica nigra*). La végétation résiduelle fournie par les herbacées offre un couvert tôt au printemps mais la croissance plus rapide des graminées offre un couvert plus dense à mi-saison lors de l'élevage des jeunes. Lagrenade et Mousseau (1981) avaient utilisé des enclos de 2.5 et 5 m de rayon (19.76 et 78.5 m², respectivement). Une étude préliminaire à Deslauriers en 2009, a montré que les enclos de 5 m de rayon étaient trop grands pour la densité de nids observée dans cette colonie. Le temps passé dans chaque enclos pour y vérifier le contenu de chaque

nid était trop long générant un dérangement trop important. En 2010, les enclos ont donc été réduits à 3,5 m de rayon afin de minimiser le temps passé dans chacun d'eux et donc l'impact de notre présence. Tout comme Mousseau (1984) une maille de 25 mm a été utilisée pour la broche qui était soutenue avec des piquets sur une hauteur de 1 m. La broche n'était placée que lorsque les premiers jeunes étaient éclos afin d'éviter leur dispersion dans le reste de la colonie. Le périmètre des enclos avait été préalablement délimité par des petits tuteurs de 30 cm de haut afin de marquer l'ensemble des nids sans gêner l'accès aux sites de nidification.

À l'approche des enclos, la majorité des oiseaux s'envolaient ce qui ne permettait pas d'associer des individus à des nids. Tous les nids contenant au moins 1 œuf ont été marqués avec un tuteur à tomate (30 cm) muni d'un petit drapeau à la partie supérieure sur lequel était inscrit un numéro séquentiel. Mousseau (1984) visitait ses enclos tous les 2 jours mais cet intervalle semblait causer un dérangement non négligeable, surtout lors de la période d'éclosion résultant en des actes de cannibalisme. Le marquage a commencé dès l'apparition des premiers œufs autour du 10 avril avec des visites subséquentes tous les 3-4 jours afin d'être le plus précis possible dans les dates d'initiation des nids. Bien évidemment, nous étions dépendants de la météo et il n'a pas toujours été possible de respecter l'intervalle souhaité entre deux visites. Pour chaque nid, les œufs étaient numérotés dans l'ordre d'apparition en ajoutant le numéro du nid. Lorsqu'un nid était trouvé avec 3 œufs, il a été parfois possible de repérer les derniers œufs pondus en tenant compte de la salissure présente sur chaque œuf. L'œuf le plus sale était désigné comme le premier œuf pondu et le moins sale comme le dernier œuf pondu. Par déduction le dernier œuf restant portait le numéro 2.

2.3 Suivi des juvéniles

Chaque jeune a été capturé au nid et marqué à l'aide d'une étiquette de palmure numérotée dès qu'il a été trouvé pour la première fois. Lorsque cela a été possible le jeune était associé à son œuf. Lorsqu'une majorité de juvéniles étaient assez gros pour être bagués (environ 21 jours), nous avons effectué une capture à l'intérieur de chaque enclos. Il a fallu répéter le scénario à deux ou trois reprises car l'éclosion des œufs s'est échelonnée dans le temps résultant en des jeunes qui n'avaient pas la taille suffisante pour être bagué. Chaque

individu était muni d'une bague en acier de l'US Fish & Wildlife Service et d'une bague en plastique bleue à combinaison unique de 3 codes alphanumériques blancs. Tous les jeunes d'un même enclos étaient mis dans des caisses et placés à l'ombre pour éviter toute mortalité due à la chaleur. Lorsqu'un jeune était capturé, nous l'avons pesé (± 5 g) et nous avons pris une série de mesures morphométriques: 9° primaire en enfonçant une règle entre la 8° et la 9° jusqu'au rachis, le tarse os, la tête, le bec, et le culmen avec un vernier (± 0.1 mm). Tous les individus bagués ont été relâchés en même temps dans leurs enclos, afin d'éviter de reprendre deux fois les mêmes individus et par la même occasion de réduire la prédation par des adultes. Des visites régulières durant la période d'élevage ont permis de récupérer les jeunes morts munis d'un marqueur (étiquette de palmure et/ou bagues) pour déterminer la survie des jeunes.

2.4 Analyses statistiques

La chronologie de nidification représente la proportion de nids initiés au cours de la saison. Nous avons utilisé tous les nids trouvés en ponte dont la date d'initiation était connue à ± 1 jour ainsi que les nids dont la date d'éclosion était connue précisément (± 1 jour) mais dont la date d'initiation n'était pas connue. La date d'initiation de ces nids a été calculée à partir de la date d'éclosion à laquelle l'on a soustrait 26 jours, ce qui représente la durée moyenne d'incubation chez le Goéland à bec cerclé qui commence à incuber dès le premier œuf, du moins partiellement. Les chronologies de reproduction des années 2009, 2010 et 2011 ont été analysées avec une ANOVA à 3 critères comprenant l'effet de l'année, de la section d'île (sud, centre et nord) et du couvert de végétation (graminée et herbacée). Un test de Tukey-Kramer HSD a été utilisé pour mettre en évidence les différences entre chaque paire de moyennes.

Pour déterminer la taille de ponte, nous n'avons utilisé que les nids ayant une taille de ponte complète. Ces nids ont été trouvés en ponte et suivis assez longtemps afin que nous puissions établir que c'était la taille de ponte finale. Les effets de nos 3 variables (année, section d'île et couvert de végétation) ont été testés grâce à une ANOVA à 3 critères. Un test de Tukey-Kramer HSD nous a permis de comparer les moyennes qui étaient

significativement différentes. La proportion des différentes tailles de ponte a aussi été comparée grâce à un test de χ^2 (Chi-carré).

Nous avons modélisé la survie journalière des nids, grâce au logiciel MARK, et avons fait une sélection de modèles basée sur le Critère d'Information Akaike (AIC) en incluant le nombre de paramètres et le poids de chaque modèle. La modélisation de la survie des nids dans le programme MARK nécessite la connaissance de plusieurs informations : le jour où le nid a été découvert, le dernier jour où le nid a été visité en vie, le dernier jour où le nid a été visité, le sort du nid (0 = succès, 1 = échec) ainsi que le nombre de nids ayant la même histoire de visites pour chaque groupe de nids. Nous avons estimé la probabilité qu'au moins 1 œuf se rende jusqu'à l'éclosion dans chaque nid pour établir le succès de nidification. Le programme MARK utilise les informations des histoires de visites de chaque nid avec un format de « life-dead » (LDLDLD....) (Dinsmore et Dinsmore, 2007). Dans ce format, la lettre « L » (Live) est utilisée pour indiquer que le nid est actif à une visite donnée. Si un nid n'est pas retrouvé durant une visite, qu'il vient à disparaître avant la date d'éclosion, qu'il n'éclos pas ou bien si nous nous apercevons que ce dernier a été prédaté, la lettre « D » (Dead) est alors utilisée afin de mentionner la mort du nid. Plusieurs variables ont été intégrées aux différents modèles pour examiner l'effet de l'année, de la section d'île, du couvert de végétation, de l'âge du nid et de la date de la saison de reproduction sur la survie des nids. Le succès de nidification a été calculé en élevant la survie journalière à la puissance 29 pour tenir compte du nombre de jours d'exposition des nids entre le premier œuf pondu et l'éclosion.

Le succès d'éclosion représente la proportion des œufs ayant éclos dans les nids à succès, c'est-à-dire dans lesquels au moins un œuf a éclos. Pour cela nous avons utilisé tous les nids ayant une date d'initiation connue, une taille de ponte complète et un sort connu. Pour chaque nid, nous avons calculé une proportion des œufs éclos sur le nombre d'œufs pondus, qui a ensuite été utilisée dans une ANOVA à 3 critères afin de regarder l'effet de l'année, de la section d'île et du couvert de végétation. Nous avons utilisé une ANOVA à un critère pour comparer la moyenne de la proportion d'œufs éclos pour chaque saison de

reproduction suivi d'un test de Tukey-Kramer HSD pour faire ressortir les différences significatives entre les paires de moyennes.

La survie des poussins est représentée par la survie des jeunes goélands entre le moment où ils ont été munis d'une étiquette de palmure (éclosion) jusqu'à ce qu'ils soient recapturés lors du baguage soit quelques jours avant leur envol. Nous avons deux catégories de poussins, soit la catégorie 1 qui regroupait les poussins recapturés au baguage, donc vivant et une catégorie 0 qui comprenait les poussins non recapturés au baguage et considérés comme morts. Nous avons effectué une analyse de régression logistique pour regarder l'effet de l'année, de la section d'île, du couvert de la végétation et de la chronologie de nidification tout en incluant le numéro du nid en effet aléatoire car les poussins d'un même nid ne peuvent être considérés complètement indépendants. Pour la chronologie de nidification, nous avons cherché à voir si des jeunes éclos plus tôt durant la saison ont une meilleure survie que ceux éclos plus tard. Pour chaque année, nous avons donc calculé une date médiane des éclosions et considéré que les jeunes nés avant cette date étaient hâtifs et que ceux nés après étaient tardifs. Les estimations moyennes de survie pour les années 2010 et 2011 ont été calculées à partir des prédictions du modèle de régression logistique. Enfin, les juvéniles bagués et retrouvés morts durant nos visites, nous ont permis d'avoir une idée de la survie après le baguage. Nous avons simplement estimé un pourcentage de survie en enlevant le nombre d'oiseaux retrouvés mort avec une bague sur le nombre d'oiseaux bagués. Un test de χ^2 nous a permis de déceler l'existence de différence de survie après baguage entre les années, les sections d'île et la nature du couvert végétal.

Pour les mesures morphométriques et la masse des jeunes, nous avons corrigé toutes les mesures pour tenir compte de l'âge des jeunes lors du baguage en utilisant les résidus de la régression linéaire entre l'âge et chaque mesure. Les différentes mesures ont ensuite été standardisées pour un âge de 29 jours, ce qui représente l'âge médian des jeunes. L'effet des différentes variables sur ces mesures a ensuite été analysé avec une ANOVA à 3 critères. Les variables significatives ont permis de regrouper les jeunes en 4 catégories pour effectuer des ANOVA à 1 critère suivis de tests de comparaisons multiples de Tukey-Kramer.

Les ANOVA et les tests de comparaisons de moyennes ainsi que les tests de chi-carré ont été réalisés avec JMP ® 7 (SAS Institute Inc.). La modélisation de la survie des nids a été réalisée grâce au logiciel MARK (Dinsmore et Dinsmore, 2007). Enfin, l'analyse de régression logistique a été effectuée en utilisant la fonction « lmer » du package « lme4 » du logiciel R (R Development Core Team, 2011). Le niveau statistique de signification a été établi à 0,05 et toutes les moyennes sont représentées ± 1 ET.

RÉSULTATS

De 2009 à 2011, nous avons suivi 326, 274 et 320 nids de Goélands à bec cerclé dans les six enclos érigés sur l'île Deslauriers pour un total de 920 nids. En termes de densité, ceci représentait respectivement 0,8, 1,3 et 1,4 nids/m². Certaines données de 2009 étaient incomplètes et n'ont pu être utilisées pour étudier les paramètres du succès reproducteur.

3.1 Chronologie de nidification

Nous avons suivi l'évolution de la ponte afin d'avoir une meilleure vision du déroulement de la saison de nidification. Le modèle global d'ANOVA indique qu'il y avait une différence significative de la chronologie de nidification entre les années et les sections de la colonie mais pas selon le type de végétation dans laquelle les nids étaient établis ($F_{4,915} = 56,17$; $P < 0,001$). Il n'y avait pas d'interactions significatives entre les 3 variables non plus. Dès le 8 avril 2010, nous avons pu constater la présence de deux nids (1 œuf chacun) au sein de nos places d'échantillon, alors qu'il a fallu attendre le 14 avril en 2009 et 2011 avant de pouvoir marquer nos premiers nids dans lesquels il y avait aussi 1 seul œuf. La saison de nidification 2010 était donc plus hâtive que les deux autres ($F_{2,917} = 94,49$; $P < 0,001$). Nous avons trouvé une différence des dates médianes (50% nids initiés) de 4 jours avec la saison de 2009 et de 5 jours avec celle de 2011. Cependant la différence entre les dates moyennes était beaucoup plus marquée, allant du 24, au 19 et 29 avril, pour 2009, 2010 et 2011, respectivement. La moyenne pour 2011 était beaucoup plus élevée car le plateau du 100 % de nids initiés a mis beaucoup plus de temps à être atteint durant cette saison de nidification (Annexe 1). En fait ceci représentait un deuxième pic d'initiation de nids que nous avons détecté après le 30 mai. On suspecte qu'un taux plus élevé de cas de renidification a eu lieu en 2011 en raison des niveaux d'eau élevés du Fleuve St-Laurent (Annexe 2) qui ont inondé un certain nombre de nids au pourtour de la colonie de l'île Deslauriers ainsi que sur certaines autres îles où l'on retrouvait des colonies de Goélands à bec cerclé (J.-F Giroux, données non publiées). L'inondation n'a pas affecté directement les nids établis dans nos enclos mais a entraîné un déplacement de goélands vers nos enclos.

On note un retard dans les dates d'initiation des nids de la section nord de l'île par rapport aux deux autres sections ($F_{2,917} = 15,35$; $P < 0,001$, Annexe.3). Si l'on regroupe les trois années, on observe qu'au 18 avril, soit 10 jours après l'apparition des premiers nids, 30% des nids étaient initiés dans la partie du centre, 25% dans la partie sud et seulement 10% dans la partie nord. Les dates médianes étaient similaires pour les parties centre et sud, soit le 22 avril, et seulement 1 jour plus tard pour la partie nord, soit le 23 avril. On retrouve une tendance beaucoup plus marquée lorsque l'on compare les dates moyennes avec une différence significative entre le nord (26 avril) et les deux autres sections (centre : 22 avril; sud : 14 avril)

3.2 Taille de ponte

Au sein de nos places d'échantillons, nous avons observé que la taille de ponte des Goélands à bec cerclé ne variait pas significativement suivant l'emplacement du nid sur l'île ni le type de végétation. Cependant nous avons observé qu'il y avait une différence du nombre d'œufs par nid entre les années ($F_{2,938} = 6,91$; $P = 0,0011$). En 2011, la taille de ponte moyenne était significativement inférieure à celles trouvées en 2009 et 2010 (Annexe 8).

La proportion de différentes tailles de ponte était significativement différente entre les années ($\chi^2_2 = 15,41$, $P = 0,004$). Globalement, 87,5% des nids rencontrés contenaient 3 œufs mais la proportion était plus faible en 2011 que durant les deux premières années de l'étude (Annexe. 4). Il y avait plus de nids contenant 1 ou 2 œufs en 2011 qu'en 2009 et 2010 ce qui explique la taille de ponte moyenne plus faible de 2011. Les pontes de 4 œufs et plus ne représentaient que 2,3% des nids initiés. Durant les 3 années de notre étude, on a observé seulement 3 nids avec 5 œufs. Ces pontes dites supra-normales sont habituellement pondues par deux femelles dans le même nid.

En 2011, nous avons assumé qu'à partir du 30 mai, la majorité des pontes étaient des pontes de remplacement dues à un échec de la première tentative ou des pontes d'oiseaux plus jeunes moins expérimentés. La taille de ponte était plus faible ($t_{301} = 7,39$, $P < 0,001$) en période tardive avec $2,5 \pm 0,08$ œufs/nid alors que l'on retrouvait $2,9 \pm 0,02$ œufs/nid en

période hâtive. Durant cette deuxième partie, les pontes de 1 et 2 œufs représentaient 45,9 %, le reste étant des nids de 3 œufs et plus. Les nids de la période hâtive n'étaient composés qu'à 7 % de pontes de 1 et 2 œufs.

3.3 Succès de nidification

Les nids suivis en 2009 n'ont pu être considérés dans l'analyse car plusieurs informations étaient manquantes. Nous avons donc modélisé la survie journalière des nids initiés en 2010 et 2011 en tenant compte de leur position sur l'île, du type de végétation dans lequel ils étaient établis, de la saison et de l'âge du nid. Nous avons initialement considéré un total de 15 modèles qui nous semblaient les plus plausibles biologiquement. Nos résultats suggèrent que la survie des nids journalière de Goélands à bec cerclé était influencée par la saison (Date), l'année, l'âge du nid (Agejour1), la section de l'île et le couvert de végétation (Habitat). Burnham et Anderson (2004) recommandent de considérer les modèles ayant des $\Delta AICc < 2$ par rapport au modèle le plus plausible alors que ceux entre 3 et 7 ont beaucoup moins de support. Nous avons donc limité la présentation des modèles ayant des $\Delta AICc \leq 5,82$ car les autres modèles avaient des $\Delta AICc > 7$. Le modèle le plus performant ($AICc = 914,952$) montrait un effet de la saison, des années et de l'âge du nid (Annexe 9). Le premier modèle était 2,73 unités $AICc$ meilleur que le second modèle et $> 3,07$ unités $AICc$ que l'ensemble des autres modèles. Le meilleur modèle indiquait une variation de la survie journalière des nids durant la saison ($\beta_{date} = -0,04$, 95% CI = -0,05, -0,03) et entre les années ($\beta_{année} = 0,05$, 95% IC = 0,06, 0,98). Nous avons également trouvé un effet de l'âge du nid, ($\beta_{age} = -0,06$, 95% IC = -0,09, -0,03).

On a observé que la probabilité de survie journalière des nids variait au cours de la saison de reproduction qui pouvait être divisé en deux grandes phases (Annexe. 5). La première se situait entre le début de la saison en avril jusqu'à la mi-mai, et était caractérisée par une forte probabilité de survie des nids. Au-delà de la mi-mai, la survie des nids diminuait abruptement. Plus on se rapprochait de la fin de la saison, moins les nids avaient de chance de voir au moins un œuf éclore. Si l'on fait égard de l'année et de l'âge du nid, au 15

mai la survie journalière des nids était de 0,763 (95% IC = 0,720- 0,800) alors qu'au 15 juin, elle n'était que de 0,190 (95% IC = 0,102 – 0,299).

Tel qu'indiqué par le meilleur modèle, la probabilité de survie des nids a été meilleure en 2010 qu'en 2011 (Annexe. 5). Globalement, on a une survie quotidienne de 0,996 (95% IC = 0,994 – 0,997) en 2010 et 0,989 (95% IC = 0,986 – 0,991) en 2011. Si on calcule la survie des nids pour l'ensemble de la période en élevant la survie quotidienne au nombre de jours d'exposition (29), on obtient un succès de nidification de $0,88 \pm 0,02$ (ET) et $0,72 \pm 0,02$ pour 2010 et 2011, respectivement.

L'âge du nid est un facteur qui influençait également la survie des nids, surtout durant la deuxième portion de la saison. Si on estime la survie quotidienne pour les 3 âges retenus (5, 15 et 25 jours), nous obtenons, au 15 juin et pour les deux années regroupées des taux respectifs de 0,64 (95% IC = 0,328 – 0,860), 0,75 (95% IC = 0,527 – 0,888) et 0,84 (95% IC = 0,716 – 0,912). Il est donc évident que plus un nid était âgé et se rapprochait de sa date d'éclosion et plus sa probabilité de survie était élevée (Annexe. 5). Cela n'est pas surprenant mais l'inclusion de cette variable améliorerait le modèle global.

3.4 Succès d'éclosion

Le succès d'éclosion représente la proportion des œufs à avoir éclos dans les nids avec succès, c'est-à-dire dans les nids avec au moins un œuf éclos. Nous avons observé que le succès d'éclosion était différent entre les années de l'étude ($F_{2,716} = 5,72$; $P = 0,003$) et qu'il n'y avait pas de différence significative entre les sections de l'île ($P = 0,613$) ni entre les types de végétation ($P = 0,133$). Le succès d'éclosion était plus élevé en 2010 qu'en 2009 alors qu'il n'y avait pas de différence entre ces deux années et 2011 (Annexe 10).

Nous avons observé plusieurs causes d'échec d'éclosion des œufs à l'intérieur de nos enclos. Nous avons regardé les œufs non éclos dont le sort a pu être identifié, les sorts non identifiés représentaient 29 et 6% des œufs en 2010 et 2011, respectivement. On a noté que 73 et 76% des œufs non éclos avaient été soit soumis à la prédation ou avaient disparu en

2010 et 2011, respectivement. Nous avons supposé que la disparition était associée à la prédation par d'autres individus de la colonie. Les œufs étaient alors emportés en dehors de l'enclos ou complètement consommés et il nous était impossible de pouvoir définir leur sort. Les œufs soumis à la prédation étaient ceux ayant pu être identifiés comme tel, c'est-à-dire que l'on retrouvait un trou dans la coquille et généralement l'intérieur était consommé, probablement par un conspécifique. Les autres causes de mortalité que nous avons identifiées sont les œufs infertiles qui étaient plus représentés en 2011 avec 23% contre 16% en 2010. Enfin, 11% des œufs non éclos ont été abandonnés par les adultes en 2010 alors que cette proportion ne représentait que 3% en 2011.

3.5 Survie des juvéniles

Le suivi des jeunes ayant été incomplet en 2009, les données de cette année n'ont pas été incluses dans l'analyse. La plus grosse différence que l'on a observé au niveau du sort des jeunes se trouvait au niveau de la proportion des jeunes retrouvés morts et qui représentaient 22,6% en 2011 alors qu'il y en avait seulement 13,8% en 2010 ($\chi^2 = 14,21$, $P = 0,0008$). Durant les deux années, la proportion de jeunes ayant disparu était sensiblement la même avec 23,9% en 2010 et 22,4% en 2011. Nous avons donc considéré que les jeunes Goélands à bec cerclé ayant disparu de nos enclos avant le baguage et donc avant l'envol étaient aussi morts. Nous n'avons obtenu que peu d'informations quand à l'âge et aux causes de mortalité des jeunes en raison de la décomposition rapide des cadavres ainsi que de la disparition de certains poussins même si nous faisons des visites régulières à tous les 3-4 jours. Nous soupçonnons toutefois que la prédation par les congénères était une cause importante.

Nous avons utilisé une régression logistique basée sur deux catégories de jeunes, soit la catégorie 0 (retrouvés morts et disparus) et la catégorie 1 (vivants au baguage). Le modèle final suggère que la survie des jeunes était influencée par l'année, le type de végétation ainsi que la date d'éclosion du jeune (catégorie hâtif et tardif selon la date médiane d'éclosion). Il en ressort que la survie estimée à partir du modèle a été moins bonne en 2011 qu'en 2010 ($\beta_{\text{année}} = -0,79 \pm 0,30$, $P < 0,001$) mais n'était pas influencée par le fait qu'un jeune se trouvait dans la section nord ou sud de l'île. On a également observé que la végétation herbacée

offrait un moins bon couvert par rapport à la végétation graminée pour la survie des jeunes ($\beta_{\text{végétation}} = -0,69 \pm 0,21$, $P < 0,001$). Tout comme pour la survie des nids, les jeunes ayant éclos durant la première partie de la saison ont eu une meilleure survie que les juvéniles éclos durant la saison tardive ($\beta_{\text{date}} = -0,07 \pm 0,01$, $P < 0,001$).

Les estimations moyennes de probabilité de survie ont été calculées à partir des prédictions du modèle de régression logistique (Annexe. 6). Nous avons estimé que la probabilité moyenne de survie des jeunes, entre la pose de l'étiquette de palmure et le baguage, a été de $0,63 \pm 0,15$ en 2010 et de $0,56 \pm 0,16$ en 2011. Malgré une survie moins bonne en 2011, on a retrouvé des tendances similaires durant les deux années. Les jeunes ayant éclos en période hâtive ont eu une meilleure survie en 2010 et 2011, autant dans les graminées que dans les herbacées (Annexe. 6). En termes de couvert de végétation, nous avons pu constater que la végétation herbacée offrait un moins bon milieu de survie autant en 2010 qu'en 2011.

Nous n'avons pas pu définir les causes exactes de mortalité des jeunes après le baguage, bien que nous ayons observé certaines carcasses présentant des blessures à la tête, résultat d'attaques par des adultes. La survie après le baguage ne suivait pas la même tendance que la survie avant baguage. Il n'y avait pas de différence significative en 2010 que ce soit pour des jeunes provenant d'une végétation de graminée ($\chi^2 = 1,39$, $P = 0,239$) ou herbacée ($\chi^2 = 0,49$, $P = 0,484$, Annexe. 7). La seule différence que nous avons observé se trouvait dans la végétation herbacée en 2011 ($\chi^2 = 7,22$, $P = 0,007$) où les jeunes nés en période hâtive avaient une meilleure survie (81%) que les tardifs (61%). Le couvert de graminées semblait offrir un meilleur habitat pour la survie malgré une tendance non significative (Annexe. 7).

3.6 Succès de reproduction

Le succès de reproduction, représente le nombre de poussins produits par couple en tenant compte de l'ensemble des paramètres qui affectent la reproduction. Idéalement, le nombre de poussins qui prennent leur envol seraient déterminé mais ceci est rarement

possible. Les jeunes qui disparaissent des enclos après leur marquage peuvent être morts suite à différentes causes incluant la prédation, les intempéries, le manque de nourriture ou avoir survécu et pris leur envol. Dans notre cas, la survie des juvéniles était estimée jusqu'au moment du baguage ce qui correspondait à un âge médian de 29 jours pour tous les oiseaux qui ont été bagués. Chaque paramètre de reproduction ayant été meilleur en 2010, ceci s'est traduit logiquement par un succès de reproduction 30% supérieur (1,3 vs 0,9 jeunes/couple) en 2010 par rapport à 2011.

3.7 Comparaisons historiques

Nous avons comparé nos résultats avec ceux de Mousseau et Lagrenade (1980) obtenus à l'île Deslauriers en 1979. Leur étude était basée sur la méthode des visites planifiées qui avait impliqué seulement 3 visites durant l'ensemble de la saison de nidification. Même si nous n'avons qu'une seule comparaison historique, nous observons des différences entre nos résultats et les leurs. Nous restons prudents quand à l'interprétation de cette comparaison mais nous avons trouvé intéressant de la présenter bien que l'idéal aurait été d'avoir une comparaison historique sur plusieurs années. La taille de ponte était légèrement plus élevée en 1979 surtout lorsqu'on compare avec 2011 (Annexe 12). Le succès d'éclosion calculé par Lagrenade et Mousseau (1980) prenait en compte la totalité des œufs éclos sur le total d'œufs pondus, que ce soit dans un nid à succès ou non. Nous avons donc recalculé un succès d'éclosion pour 2010 et 2011 en utilisant leur méthode. Ce dernier était un peu plus faible en 1979 mais, encore là, la différence influençait peu le succès global de reproduction. La plus grande différence observée, résidait dans le succès d'envol, nettement plus élevé en 1979. Le calcul du succès d'envol de Lagrenade et Mousseau (1980) tenait compte du nombre d'œufs ayant éclos et du nombre de jeune bagués n'ayant pas été retrouvés morts dans les enclos, ce qu'ils ont appelé le succès d'envol par poussin. Ce paramètre est celui qui diffère le plus de nos résultats et qui influence davantage le succès reproducteur global soit le nombre de jeunes par couple. En 1979, Mousseau et Lagrenade (1980) ont estimé un succès reproducteur de 1,8 jeunes par couple comparé à seulement 1,1 – 1,3 durant notre étude. Tout en restant prudent, nous pensons que la saison de reproduction en 2010 peut être qualifiée de bonne saison et nous supposons que l'étude en 1979, de part

son succès reproducteur élevé était aussi une bonne saison de reproduction durant la fin des années 70.

3.8 Croissance des juvéniles

Toutes les mesures de croissance ont été standardisées pour des jeunes de 29 jours. Nous avons observé un effet de l'année sur la mesure de la tête ($F_{1,630}=89,15$; $P < 0,001$) et de la masse ($F_{1,634}=47,59$; $P < 0,001$) ainsi qu'un effet de l'année et du type de végétation sur la longueur du culmen ($F_{2,633}=15,01$; $P < 0,001$) et du tarse ($F_{2,633} = 22,06$; $P < 0,001$). Nous n'avons trouvé aucun effet de la section de l'île sur les mesures morphométriques ni la masse ($P > 0,05$).

En 2010, les juvéniles avaient une tête, un culmen et un tarse supérieurs à ceux des jeunes de la saison 2011. Nous avons également trouvé que les jeunes de 2010 étaient plus lourds que ceux de 2011 (Annexe 13). Nous avons pu mettre en évidence un effet de la végétation sur les mesures de tarse et le culmen, toutes deux étant supérieures chez les jeunes ayant été élevés dans une végétation de graminées (Annexe 13).

3.9 Données météorologiques

En mars 2010, pour la station de Varennes, la température moyenne était de 2,4°C alors qu'elle ne dépassait pas les -2,6°C en 2011. Même constat pour le mois d'avril où la température moyenne atteignait les 9,1°C en 2010 avec un pic à 27°C le 3 avril alors que la température moyenne du mois d'avril 2011 était de 5,6°C (site internet Environnement Canada). Les températures moyennes de mars et avril en 1979 étaient respectivement de 0,5 et 6,2 °C (station aéroport Montréal Trudeau, données pour Varennes non disponibles).

DISCUSSION

4.1 Chronologie de nidification

Même si le Goéland à bec cerclé est une espèce connue pour avoir une forte synchronisation des pontes (Lagrenade et Mousseau, 1981), les oiseaux ne s'installent pas exactement au même moment sur une colonie d'une année à l'autre et la date de ponte peut varier selon la localisation géographique de la colonie, la phénologie de la saison, l'âge des individus et la localisation du nid dans la colonie (Vermeer, 1970). Les Goélands à bec cerclé rejoignent leur site de reproduction à la mi-mars mais peuvent cependant arriver quelques jours plus tard dans les régions plus à l'est et au nord de l'Amérique du Nord (Pollet et al, 2012). Nos résultats montrent que les oiseaux de la colonie de l'île Deslauriers présentent des phénologies de reproduction différentes suivant les années. Cela a aussi été observé par Vermeer (1970) qui mentionne que l'arrivée des goélands sur le site de reproduction n'est pas influencée par le niveau de neige au sol mais plutôt par la température de l'air. En 1979, Lagrenade et Mousseau (1981) ont observé la présence de deux premiers nids de deux œufs le 24 avril et ont conclu que la période de ponte avait débuté le 22 avril sur l'île de la Couvée qui se trouve à proximité de Montréal. Durant notre étude, les premiers nids ont été initiés le 8 avril en 2010 et le 14 avril en 2009 et 2011. Il a pu y avoir un avancement de la saison de reproduction depuis l'étude de Lagrenade et Mousseau (1981), les oiseaux nichant entre 8 et 14 jours plus tôt durant notre étude. Par contre, il peut aussi y avoir des différences de près d'une semaine entre des années successives. Nous supposons ici, que les conditions climatiques peuvent jouer un rôle important quand à l'installation des oiseaux sur le site de reproduction et le début de la reproduction. Le manque de données entre 1979 et 2009 ne nous permet pas d'affirmer notre supposition mais plusieurs études ont documenté différents cas d'espèces d'oiseaux qui s'adaptent à des conditions climatiques qui évoluent dans le temps.

Les effets des changements climatiques sur les oiseaux sont bien documentés et peuvent avoir un impact sur l'avancement de la reproduction, le déroulement de la migration,

les performances de la reproduction, les tailles de population et la distribution des populations (Lehikoinen et Jaatinen, 2012; Moller et al., 2008; Both et Visser, 2005; Humphrey et Crick, 2004; Parmesan et Yohe, 2003; Root et al., 2003; Walther et al., 2002). En 2010, le printemps plus hâtif avec des températures plus douces qu'en 2011, pourrait expliquer en partie, le fait que les oiseaux de la colonie de l'île Deslauriers ont commencé la saison de reproduction plus tôt qu'en 2011.

En comparaison avec 1979, les températures moyennes de mars et avril en 1979 ont été plus douces que celles enregistrées en 2011 mais beaucoup plus froide que celles de 2010. Ces données météorologiques nous font penser que les températures plus douces en 2010 ont joué un rôle sur la fonte de la neige et le début de la nidification mais nos observations nous ont démontré que les oiseaux étaient présents alors qu'il restait encore de la neige au sol. Même lorsque la couverture neigeuse est absente, les oiseaux ne commencent pas de suite leur nidification et il peut se passer plusieurs jours, voir une à deux semaines avant de pouvoir observer les premiers œufs. Ce phénomène a également été observé par Vermeer (1970) qui mentionne que les Goéland à bec cerclé du lac Miquelon, en Alberta, s'installent sur le site de reproduction afin de délimiter leur territoire de reproduction alors que la neige est toujours présente. Aussi, la construction du nid chez le Goéland à bec cerclé n'est pas très élaborée et ne représente pas un facteur pouvant influencer la date de ponte. La température de l'air et la fonte de la couverture neigeuse ne sont donc pas les seuls facteurs qui influencent la chronologie de reproduction. Les changements climatiques peuvent cependant avoir un impact sur l'accès à la nourriture que ce soit sur des sites naturels (comme le fleuve et ses rives), ou des sites plus anthropisés comme les milieux agricoles.

Nous soumettons l'hypothèse que l'abondance de la nourriture est probablement un facteur important qui influence le moment de la reproduction. Durant cette phase, les oiseaux doivent emmagasiner assez d'énergie et de nutriments afin de se préparer à la ponte. Plusieurs études expérimentales ont voulu démontrer l'effet d'un apport supplémentaire de nourriture sur la date de ponte (Davis, 1975; Reid, 1987; Hiom et al., 1991). Les conclusions sont assez similaires et montrent que l'apport de nourriture supplémentaire (poisson) sur le site de reproduction n'influencait pas la date de ponte. Cependant, certains auteurs soulignent

que la nourriture apportée aux oiseaux ne contenait peut-être pas l'ensemble des éléments nutritifs requis par les femelles pour la production des œufs (Niebuhr, 1981; Hiom et al, 1991). Chez le Goéland brun (*Larus fuscus*), la qualité de la nourriture, et notamment les protéines et certains nutriments, apparaît comme un facteur important pour la production d'œufs (Bolton et al, 1992). En Finlande, Bergam (1939) a trouvé que la ponte chez les Goélands argentés était dépendante de la fonte des glaces, non directement associé à la température de l'air mais directement lié à la disponibilité de la nourriture présente dans l'eau. Durant les périodes d'incubation et d'élevage, le Goéland à bec cerclé se nourrit en grande partie de déchets humains dans les lieux d'enfouissement technique (LET) et les sites de transbordement mais également d'invertébrés, comme les lombrics, trouvés dans les champs agricoles avant et durant la période de préparation des sols (Patton, 1988; Pons, 1992; Brousseau, Lefebvre et Giroux, 1996; Patenaude-Monette, 2011). Les déchets comestibles obtenus dans les LET sont caractérisés par une valeur énergétique élevée provenant des lipides qu'ils contiennent (Patenaude-Monette, 2011). La réduction de l'utilisation des LET par les goélands résultant de la mise en place de mesures d'effarouchements (Thieriot, 2012) aurait pu retarder la date d'initiation des nids mais ceci ne semble pas être le cas. La chronologie de reproduction est maintenant avancée par rapport aux années 80. La nourriture provenant des LET ne semble donc pas être un facteur qui influence la date de ponte.

Le manque de données précises concernant l'alimentation des oiseaux durant la période de pré-ponte nous empêche de valider notre hypothèse que la nourriture pourrait être un facteur influençant la date de ponte mais nous savons que les oiseaux ont besoin de sources de protéines pour la production des œufs. Edwards et al. (2010) ont montré que les vers de terre étaient constitués en grande partie de protéines (60-70% de la masse sèche). Tôt au printemps, les Goélands à bec cerclé sont observés en grand nombre dans les champs gorgés d'eau et le long de la voie maritime pendant le dégel (Giroux, J-F., comm. pers.). Il est fort probable que les goélands que l'on observe dans les champs durant la période de pré-ponte se nourrissent d'annélides et de grains perdus lors de la récolte précédente. Étant donné que les accumulations de neige sont moins importantes que dans le passé et que le réchauffement climatique entraîne une fonte plus hâtive, il est plausible de penser que la

nourriture issue des champs agricole soit un facteur influençant la date de ponte. L'ouverture de la voie maritime du St-Laurent au niveau de Montréal se fait maintenant une semaine plus tôt que dans les années 70 (Anonyme, 1992, 2011). Cela nous laisse penser que ce corridor procure également une source de nourriture riche en protéine avant la reproduction, comme des invertébrés aquatiques ou des poissons. Cette disponibilité alimentaire pourrait donc être une seconde source de nourriture complémentaire de celle trouvée dans les champs agricoles et permettrait ainsi aux oiseaux d'acquies les réserves nécessaires à la reproduction plus tôt que dans les années 70.

4.2 Succès reproducteur

Nous avons trouvé que les nids à trois œufs étaient les plus abondants, tout comme l'avaient observé Vermeer (1970), Chamberlain (1973), Ryder (1975), Somppi (1978), Haymes et Blockpoel (1978) et Lagrenade et Mousseau (1981). Cette taille de ponte est propre au genre *Larus* et il a été suggéré que ceci est le fruit de la sélection naturelle qui correspond au nombre de poussins maximum que les adultes peuvent nourrir avec succès (Lack, 1954; Chardine, 1978; Hayme et Blockpoel, 1978; Lagrenade et Mousseau, 1981). Nous avons trouvé que la taille de ponte était légèrement plus faible en 2011. Un point commun à notre étude et celle de Ryder (1975), Somppi (1978) et Lagrenade et Mousseau (1981) est que la taille de ponte baisse en fonction de la progression de la saison de reproduction. Ryder (1975) mentionne qu'une grande partie des jeunes adultes pondent moins d'œufs par nid et nichent plus tardivement car ils ne sont prêts à la reproduction que plus tard en saison. Une autre étude a mis en évidence que les oiseaux nichant tôt en saison avaient une meilleure condition physique et une meilleure productivité que les nicheurs de fin de saison (Boersma et Ryder, 1983). Néanmoins la taille de ponte en 2011 a également été influencée par un phénomène de reponte causé principalement par les inondations survenues durant cette saison (voir plus bas). Les pontes de remplacement sont mal connues chez le Goéland à bec cerclé mais durant leur étude Lagrenade et Mousseau (1981) mentionnaient déjà l'existence d'une possible reponte caractérisée par une taille de ponte réduite. L'observation de certains oiseaux bagués nous ont permis d'affirmer des cas de reponte

(Girault, C. comm. pers.) mais lorsque la saison est trop avancée, les oiseaux ne se lancent pas dans une seconde couvée (Brown et Morris, 1996).

Nos résultats montrent que le succès de nidification tel que mesuré par la survie des nids diffère entre les années d'étude et qu'elle baisse significativement avec la progression de la saison. Ce phénomène semble généralisé et de nombreuses autres études mentionnent que les pontes hâtives ont un succès d'éclosion significativement meilleur que les pontes tardives (Chardine, 1976; Haymes et Blokpoel, 1978; Lagrenade et Mousseau, 1981). Ryder (1975) a trouvé que ce sont souvent des jeunes oiseaux, moins expérimentés, que l'on retrouve en période tardive. Tout comme Lagrenade et Mousseau (1981), nous avons trouvé qu'il y a un grand synchronisme des pontes hâtives. Ces mêmes auteurs mentionnent que cette forte synchronisation favoriserait une incubation plus soutenue. En effet, les Goélands à bec cerclé nichant tôt en saison reconnaîtraient leurs voisins des années précédentes et n'auraient pas à investir beaucoup d'efforts dans la défense du territoire, laissant ainsi plus de temps à l'incubation (Chamberlain, 1973). À l'inverse, les pontes tardives plus dispersées durant la seconde moitié de la saison, en plus de présenter une éclosion asynchrone, sont soumises à l'activité des poussins éclos plus tôt ce qui engendre une plus grande activité de défense du territoire de la part des adultes et se traduit par une prédation plus forte des nids (Chamberlain, 1973; Lagrenade et Mousseau, 1981).

Il serait intéressant de regarder dans une étude future quels sont les effets de la mise en place d'enclos en broche autour de la zone d'échantillon. La mise en place d'enclos « contrôle » délimités par une simple marque physique au sol pourrait permettre de se rendre compte de l'impact positif (protection des nids) ou négatif (source de stress). En effet nous avons pu observer que de nombreux oiseaux se servaient de la broche comme d'un perchoir, ce qui pourrait stresser les couples présents à l'intérieur de l'enclos.

Tout comme le succès de nidification, le succès d'éclosion en 2010 était significativement meilleur que celui de 2009 et 2011. Bien que nous ayons utilisé seulement les nids à succès et non pas l'ensemble des nids comme cela a été fait dans de nombreuses études, nos résultats montrent que les succès d'éclosion entre 2009 et 2011 (0,74, 0,81 et

0,76%, respectivement) sont proches de ceux trouvés par d'autres auteurs. Au niveau du corridor des Grands lacs - Saint-Laurent, le succès d'éclosion varie entre 58 et 93% (Blokpoel et Tessier, 1986) et était de 74% pour l'île de la Couvée (Lagrenade et Mousseau, 1981). Comme Lagrenade et Mousseau (1981), nous n'avons pas trouvé de différence entre les sections d'île. Notre étude et celle de Sin-Yeon (2005) concluent que le succès d'éclosion n'est pas influencé par la végétation.

Plusieurs causes peuvent expliquer une baisse du succès de nidification et du succès d'éclosion comme la prédation, l'abandon du nid, la maladie ou encore l'infanticide (Pollet et al, 2012). Comme Chudzik et al (1994) et Lagrenade & Mousseau (1981), nos résultats montrent que la prédation (qui inclut la disparition des oeufs) représente la cause principale des insuccès de nidification et d'éclosion chez le Goéland à bec cerclé avec respectivement 73 et 76% des œufs non éclos en 2010 et 2011. Cette perte était attribuée aux différents comportements prédateurs des Goélands à bec cerclé eux-mêmes (Vermeer, 1970). Bien que nous n'ayons observé que peu d'actes de prédation, le comportement prédateur du Goéland à bec cerclé est aussi rapporté par Lagrenade et Mousseau (1981), Vermeer (1970), Robert et Ralph (1975). Il a également été observé chez d'autres espèces de Laridés comme le Goéland argenté (Chudzik, 1994). Lagrenade et Mousseau (1981) rapporte que durant leur étude, les causes de mortalité des œufs étaient en premier lieu liées à la disparition des oeufs (34%), la mort des embryons dans l'œuf durant l'éclosion (28 %), les œufs couvis (20 %), la roulade au-delà du nid (9 %), la faiblesse de la coquille (5 %) et enfin les attaques des autres adultes (4 %). Enfin, nous pensions que la végétation herbacée qui offre un couvert résiduel au début de l'incubation, aurait eu un effet de protection des nids et des œufs mais cela n'a pas été le cas.

Tout comme pour les œufs, nous avons trouvé que la prédation était une forte cause de mortalité chez les poussins. Durant notre étude, nous avons recensé les oiseaux morts dans les enclos, mais n'avons pas capturé les vivants à chaque visite afin de minimiser le dérangement et le stress subit par les poussins. Ceci ne nous a pas permis de déterminer la date exacte de disparition et donc de mortalité de plusieurs juvéniles. Vermeer (1970) et Lagrenade et Mousseau (1981) ont constaté que 80% de la mortalité avait lieu avant que les

poussins atteignent l'âge de 21 jours. Nous avons également pu constater que la survie des jeunes éclos en période hâtive était meilleure que celle des jeunes tardifs. Les causes de mortalité sont surtout attribuées aux attaques de la part d'adultes et au cannibalisme (Vermeer, 1970; Lagrenade et Mousseau, 1981, Brown et Lang, 1996). Comme cela a été le cas pour la prédation sur les œufs, la non-synchronisation des éclosions a certainement joué un rôle important dans la survie des poussins de la période tardive. Tout comme Sin Yeon (2005), nous avons observé que les juvéniles provenant d'un milieu de forte végétation (graminée) ont eu une meilleure survie que ceux vivant dans un milieu moins dense (herbacée). Ce même auteur mentionne que les milieux à végétation dense offre une barrière aux conflits intraspécifiques et servent d'abris aux jeunes lorsque les adultes partent en quête alimentaire. Les jeunes hâtifs élevés dans un milieu dominé par les graminées avaient une meilleure survie car ce type de couvert végétal, absent durant l'incubation, se développe avant la végétation herbacée au début de la période d'élevage. Nous aurions pensé que le couvert résiduel des herbacées en début de saison aurait été favorable aux jeunes hâtifs mais cela n'a pas été le cas.

À cause d'une taille de ponte, d'un succès de nidification, d'éclosion et d'élevage plus faibles, la production de jeunes à la colonie de l'île Deslauriers a été plus faible en 2011 (0,9 jeunes/couple) qu'en 2010 (1,3 jeunes/couple). Ce niveau de productivité est plus faible que ce que rapportaient Blokpoel et Tessier (1986) pour 9 études réalisées entre 1960 et 1979 au niveau des Grands Lacs et du fleuve Saint-Laurent, soit une moyenne de 1,5 jeunes/couple. D'autres auteurs comme Somppi (1978) et Vermeer (1970) rapportent des valeurs plus faibles comparables aux nôtres (1,0 jeune/couple).

Nous pensons que la gestion des LET est un facteur important qui pourrait expliquer le succès reproducteur des Goélands à bec cerclé de l'île Deslauriers nettement inférieur en 2009-2011 par rapport à 1979 (Mousseau et Lagrenade, 1980). Bien que nous n'ayons pas utilisé la même méthodologie que ces chercheurs, la dynamique actuelle de la population nous laisse penser que la production de jeunes durant les années 80 était supérieure à celle observée actuellement. La population de Goélands à bec cerclé du sud du Québec n'est plus dans une phase de croissance et est peut être en léger déclin (Brousseau, P., données non

publiées). Nous soumettons l'hypothèse que durant la phase d'explosion démographique dans les années 80, les Goélands à bec cerclé bénéficiaient d'un apport de nourriture anthropique important provenant des différents LET de la région de Montréal. Autrefois négligée, la gestion de ces lieux d'enfouissement est maintenant de plus en plus exigeante pour les gestionnaires des sites en raison des nombreuses nuisances que les fortes concentrations d'oiseaux peuvent causer. Weiser et Powell (2010) mentionnent que la proportion de déchets anthropiques dans l'alimentation des Goélands bourgmestres était positivement corrélée avec le succès d'envol. De nos jours, certains LET ont mis en place des mesures d'effarouchement (fauconnerie, abattage, etc...) en plus de faire une meilleure gestion des déchets (recouvrement, élimination des plans d'eau sur le site, etc...) qui limitent considérablement l'accès à la nourriture (Thiérot, 2012). Nous pensons donc que les jeunes Goélands à bec cerclé ne bénéficient plus d'autant de nourriture provenant des sites d'enfouissement et que ceci a réduit leur condition et survie. Il faut noter par contre que les goélands bénéficient encore de nombreuses autres opportunités alimentaires d'origine anthropique telles que les centres d'achat ou les déchets de restauration rapide.

Finalement, il est important de mentionner les effets potentiels que peuvent avoir les visites fréquentes dans une colonie de goélands sur leur succès reproducteur. Robert et Ralph (1975) ainsi que Lagrenade et Mousseau (1981) mentionnent que les multiples visites peuvent déranger les goélands et que c'est surtout durant l'éclosion et les deux premières semaines de vie des poussins que cela peut se faire d'avantage ressentir. Privés de leurs parents durant la visite des observateurs, les œufs et les très jeunes poussins peuvent souffrir de la chaleur et de la prédation. Lorsque les jeunes sont plus âgés, la présence d'un observateur peut entraîner leur fuite et les obliger à sortir de leur territoire, augmentant ainsi le risque des attaques par les autres adultes. Southern et al (1982) avaient également trouvé que lors du passage d'un prédateur, la panique au sein de la colonie augmente le taux de mortalité des œufs et des jeunes qui sont laissés durant plusieurs heures sans protection. À l'opposé, Brown et Morris (1995) n'ont pas trouvé d'effet de leur présence sur le succès d'éclosion et le succès d'envol. Ces mêmes auteurs mentionnent que le couvert végétal est important et qu'en présence d'une végétation assez dense les jeunes n'ont pas besoin de

courir loin pour s'échapper car ils peuvent se cacher dans la végétation proche. En général, le couvert de l'île Deslauriers est assez dense et permet aux poussins de se cacher.

4.3 Croissance et condition des jeunes

Nous ne pouvons pas établir de comparaisons historiques locales ni avec d'autres études réalisées ailleurs car il n'y a pas de données comparables disponibles. L'asynchronisme des pontes en 2011 a probablement résulté à une augmentation des interactions au sein de la colonie du fait de la plus grande différence d'âge des jeunes. Ceci serait une des explications concernant la taille et la masse plus faible observées chez les juvéniles en 2011. Un indice indirect potentiel pouvant faire penser que les interactions étaient plus présentes en 2011 serait le taux de jeunes goélands à bec cerclé n'ayant pas été récupéré durant le baguage et qui était plus élevé en 2011 (45%) qu'en 2010 (38%). Une étude portant sur le taux de corticostérone (hormone due au stress), mentionne que le fort taux de cette hormone dans les fèces des jeunes Goélands de Californie est accompagné d'une diminution de la condition physiologique des oiseaux (Herring et Ackerman, 2011). Les mêmes auteurs ont trouvé que le niveau élevé de corticostérone chez les juvéniles âgés est associé à l'augmentation des mouvements de ces juvéniles avant leur envol. Cela a pu être le cas durant notre étude en 2011, avec les effets des inondations sur la colonie, les éclosions asynchrones et l'augmentation des interactions entre les oiseaux. Ceci expliquerait les tailles plus petites et la masse plus faible des jeunes Goélands à bec cerclé durant cette saison. Le manque de données sur la fréquence d'alimentation ne nous permet pas d'affirmer qu'elle peut potentiellement être une explication des différences de taille et de masse chez les jeunes entre les années. Une étude en cours à l'aide de balises Argos va permettre de calculer la fréquence d'alimentation des adultes en 2010 et 2011 ce qui devrait pouvoir aider à répondre à la question.

4.4 Impact des niveaux d'eau

Durant notre étude, la saison 2011 a été marquée par des niveaux d'eau élevés qui ont eu un impact sur la reproduction. La date de la présence des premiers nids en 2011 est la même qu'en 2009 et nous aurions dû avoir les mêmes courbes d'initiation des nids. Cependant, cela n'a pas été le cas et la saison s'est allongée de façon inhabituelle. Durant une saison normale, les niveaux du fleuve sont caractérisés par une forte hauteur d'eau au début du printemps due à la fonte des neiges, puis, une baisse graduelle tout au long de l'été. En 2011, des inondations se sont produites plus tard en saison, alors que de nombreux oiseaux avaient déjà entamé leur nidification. Nos enclos étant tous situés sur des zones assez hautes, aucun d'entre eux n'a directement été touché par les inondations. Cependant ces crues tardives ont eu un double impact sur la colonie de l'île Deslauriers. Le premier impact est direct, du fait que les oiseaux installés proches de la rive ont vu leur nid se faire submerger. Le deuxième impact de cette montée des eaux est indirect et concerne des oiseaux externes à la colonie. La colonie de l'île Deslauriers est la plus grande au Québec mais il existe quelques autres colonies qui occupent des îles du fleuve Saint-Laurent ou sur des rivières tributaires. Certains de ces sites de nidification ont été complètement submergés rendant ainsi la reproduction impossible. Les oiseaux provenant des colonies touchées ont donc dû trouver de nouveaux sites de reproduction comme l'île Deslauriers tel que démontré par l'observation d'oiseaux bagués (Giroux, J.-F. données non publiées). Ces deux raisons expliquent en grande partie le fait que nous ayons observé, en 2011, l'installation d'un nombre particulièrement élevé de nouveaux nids tard en saison.

Autrefois mal documenté, nous savons maintenant que les Goélands à bec cerclé sont capables de faire une deuxième couvée lorsque la saison de nidification n'est pas trop avancée (Brown et Morris, 1996). Nous savons également que les secondes pontes sont caractérisées par une taille de ponte plus faible que la première (Lagrenade et Mousseau, 1981). Il se peut que les oiseaux de l'île Deslauriers directement touchés par les inondations soient des jeunes nicheurs refoulés à la périphérie de la colonie pour nicher (Dexheimer et Southern, 1974; Ryder, 1975). Les oiseaux victimes de l'inondation ont effectué leur renidification sur les zones où nos enclos se trouvaient. Ce mouvement a entraîné un

dérangement des oiseaux déjà installés au sein de nos placettes d'échantillon et une perturbation de la reproduction. Pollet et al. (2012) mentionnent que les adultes défendent leur territoire jusqu'à l'envol des jeunes. Cependant, la superficie de ce territoire varie selon la période de reproduction (Brown et Morris, 1995). Il passe de 1,2-2,0 m² durant l'incubation à 1,3-4,6 m² après l'éclosion des poussins (Blokpoel et Tessier, 1986) rendant la compétition entre les couples et la défense du territoire encore plus forte au fil de la saison. En 2011, chaque couple a dû à nouveau investir dans la défense du territoire déjà acquis au début de la saison de reproduction, entraînant une diminution de la protection du nid et une augmentation de la prédation des œufs, d'où une survie des nids plus faible. Ce comportement prédateur du Goéland à bec cerclé est aussi rapporté par Lagrenade et Mousseau (1981), Vermeer (1970), Robert et Ralph (1975) mais est aussi observé chez d'autres espèces de Laridés comme le Goéland argenté (Chudzik, 1994). Comme nous le savons, l'activité des poussins peut nuire aux couples encore en phase d'incubation qui doivent alors investir dans la défense du territoire. Ce phénomène a été amplifié en 2011, avec un fort asynchronisme des pontes ce qui a eu un impact négatif sur le succès de nidification, le succès d'éclosion et la survie des jeunes. Enfin, les niveaux d'eau élevés ont un impact direct sur le site de reproduction puisqu'ils entraînent une certaine érosion des berges diminuant la surface de l'île d'année en année. Bien que nous n'ayons pas étudié les impacts de cette érosion, nous pensons que cela a une répercussion sur le succès de reproduction car la concurrence pour établir un nid sur la colonie devient de plus en plus forte.

CONCLUSION

Notre étude suggère que les goélands à bec cerclé de la colonie de l'île Deslauriers nichent plus tôt maintenant que durant les années 80. Les conditions climatiques semblent avoir un certain effet surtout au niveau de la disponibilité et l'abondance de la nourriture et moins sur l'accessibilité des sites de nidification. Le printemps plus hâtif en 2010 expliquerait que les oiseaux aient initié leur nid plus tôt. Nous spéculons que la chronologie de nidification des goélands à bec cerclé se fera de plus en plus tôt dans le futur si les changements climatiques, et notamment la hausse des températures, perdurent. Le réchauffement climatique pourrait donc avoir une incidence sur le temps de résidence des goélands à bec cerclé dans la grande région de Montréal. Bien que les oiseaux aient tendance à se disperser après l'envol des jeunes, un certain nombre d'entre eux restent dans la région avant d'entamer leur migration automnale (C. Girault, comm. Pers.). Cela pourrait alors avoir certaines conséquences négatives sur la tolérance des citoyens envers la présence plus longue des oiseaux.

Bien documenté sur les espèces insectivores, les changements climatiques peuvent avoir des conséquences sur la chronologie des espèces qui dépendent des pics d'abondance de nourriture (Jones et Cresswell, 2010). Le goéland à bec cerclé a souvent été observé sur les bords du fleuve pour se nourrir d'insectes aquatiques ainsi que dans les airs pour capturer les insectes émergents. On peut donc penser que les changements climatiques qui ont un effet sur le cycle de vie des insectes peuvent aussi avoir un effet « mismatch » sur la chronologie de reproduction des goélands à bec cerclé. Même si les insectes occupent une certaine partie de son régime alimentaire (Patenaude-Monette, 2011), le goéland à bec cerclé se nourrit principalement d'une nourriture d'origine anthropique comme les déchets comestibles et les vers de terre durant le travail des champs. Ces habitudes alimentaires et son opportunisme pourraient atténuer l'effet « mismatch », si ce dernier existe.

Les données sur la population de goélands à bec cerclé de la grande région de Montréal montre un arrêt de la croissance voir un léger déclin des effectifs (SCF, données non publiées). Nos résultats révèlent que le succès reproducteur de l'espèce est plus faible que dans les années 80 alors que l'espèce connaissait une explosion démographique. Malheureusement, étant donné que nous ne possédons qu'une seule année de données en 1979, cela ne nous permet pas de généraliser la différence observée. Cette baisse ne concerne pas l'ensemble des paramètres composant le succès de reproduction et nous avons montré que la taille de ponte et le succès d'éclosion ne présentaient pas de gros changements dans le temps et n'étaient pas la cause de la baisse de production de jeune par couple. Nous ne pouvons pas comparer si la survie des nids a évolué car aucune donnée n'est rapportée dans la littérature. Le paramètre qui marque la plus grosse différence est donc le succès d'envol que l'on peut aussi voir comme la survie des jeunes. Le nombre de poussins par couple trouvé durant notre étude est inférieur à celui trouvé par Mousseau et Lagrenade (1980). Nous savons que le stockage des déchets comestibles dans des LET a procuré et procure encore une nourriture omniprésente tout au long de l'année. Les pratiques actuelles des LET s'orientent vers une meilleure gestion des déchets avec un plan d'action 2011-2015 qui prévoit la revalorisation de 60% de la matière organique putrescible résiduelle d'ici fin 2015, contre seulement 12% en 2008 (MDDEP, 2011). On peut spéculer que ces pratiques joueront un rôle sur la population de goélands. Une récente étude a montré que les méthodes d'effarouchement mises en place dans deux LET de la région de Montréal ont diminué la présence d'oiseaux dans les deux sites (Thiériot, 2012). Si ces mesures sont étendues à l'ensemble des LET de la région de Montréal en plus de la mise en place progressive d'un système de compostage des matières organiques, cela pourrait considérablement réduire la disponibilité de la nourriture d'origine anthropique. Le fait que les oiseaux aient un moins bon accès à ce type de nourriture pourrait entraîner une baisse du succès reproducteur (sauf si des ressources alternatives sont trouvées par les oiseaux) et une baisse de la population. Il sera intéressant de regarder dans des travaux futurs comment les oiseaux se comportent vis-à-vis cette baisse de nourriture anthropique, à savoir si les oiseaux retardent leur nidification? Quel type de nourriture remplace les déchets comestibles? Si la condition des adultes diffère? Si les mesures morphométriques et la masse des jeunes diminuent? Ou encore si le succès de reproduction varie?

Nos résultats nous ont permis d'estimer le succès de reproduction du goéland à bec cerclé, qui est une des composantes requise dans la modélisation de la dynamique de population. Tout comme pour les travaux qui ont été effectués sur l'oie des neiges, la prochaine étape sera de déterminer les paramètres de survie, d'émigration et d'immigration à l'aide d'un programme de marquage des individus. Pour le cas du goéland à bec cerclé dont sa population semble s'être stabilisée dans le sud du Québec, des interventions directes comme l'arrosage des œufs ou l'abattage ne semblent pas nécessaires car nous avons pu constater que limiter la ressource de nourriture anthropique semble jouer un rôle de régulation. Même si, dans un premier temps une baisse des effectifs peut sembler inquiétant, il ne faut pas oublier que le nombre de goélands à bec cerclé a explosé depuis les années 80 et l'espèce est jugée surabondante voir nuisible par certains. Cette fluctuation de la population montre possiblement que la population s'ajuste à la capacité de support du milieu naturel et des milieux agricoles.

BIBLIOGRAPHIE

- Anonyme. 1992. The St. Lawrence seaway traffic report – Historical tables 1959-1992. The St. Lawrence seaway management corporation and Saint Lawrence seaway development corporation 41 p.
- Anonyme. 2011. The St. Lawrence seaway traffic report – 2011 navigation season. The St. Lawrence seaway management corporation and Saint Lawrence seaway development corporation. 48 p.
- Belant, J. L., et R. A. Dolbeer. 1993. Population status of nesting laughing gulls in the United States, 1977- 1991. *American Birds* 47: 220-224.
- Belant, J. L. 1997. Gulls in urban environments: landscape-level management to reduce conflict. *Landscape and Urban Planning* 38: 245-258.
- Bergam, G. 1939. Untersuchungen über die Nistvogel Fauna in einem Scharengebiet westlich von Helsingfors. *Acta Zoologica Fennica* 23: 1-134.
- Berger, G., E. Bonnaud, J. Legrand et C. Duhem, 2010. Surveillance et gestion des populations de goélands leucophées (*Larus michahellis*) des îles d'Hyères. DREAM (2010). Rapport Parc national de Port-Cros, 27 p.
- Blokpoel, H., et A. L. Spaans. 1991. Superabundance in gulls: Causes, problems and solutions: *Acta XX Congressus Internationalis Ornithologici* (Wellington, New Zealand). 2361-2364.
- Blokpoel, H. 1983. Gull problems in Ontario. Canadian Wildlife. Service. Inf. Leaflet, 9 p.
- Blokpoel, H., et G. D. Tessier. 1986. The Ring-billed gull in Ontario: A review of a new problem species. *Occasional Paper, Canadian Wildlife Service*, 57: 34 p.
- Bolton, M., D. Houston et P. Monaghan. 1992. Nutritional constraints on egg formation in the lesser black-backed gull: an experimental study. *J Anim Ecol* 6: 521-532
- Both, C., et M. E. Visser. 2005. The effect of climate change on the correlation between avian life-history traits. *Global Change Biology* 11: 1606-1613.
- Brousseau, P., J. Lefebvre et J.F. Giroux. 1996. Diet of ring-billed gull chicks in urban and non-urban colonies in Quebec. *Colonial Waterbirds* 19: 22-30.

- Brown, K. M., et R. D. Morris. 1995. Investigator disturbance, chick movement, and aggressive behavior in ring-billed gulls. *Wilson Bulletin* 107: 140-152.
- Brown K. M., et A. S. Lang. 1996. Cannibalism by color-banded Ring-billed Gulls. *Colonial Waterbirds* 19: 121-123.
- Burnham, K. P., et D. R. Anderson. 2004. Multimodel inference understanding AIC and BIC in model selection. *Sociological methods & research* 2004. 33 :261.
- Chamberlain, D. J. 1973. Nesting dynamics of Ring-billed Gulls. B.Sc. thesis, Lakehead University, Thunder Bay, Ontario.
- Chapdelaine, G., et J. F. Rail. 2004. Plan de conservation des oiseaux aquatiques du Québec. Division des oiseaux migrateurs, Service canadien de la faune, région du Québec, Environnement Canada, Sainte-Foy, Québec. 99 p.
- Chardine, J. W. 1978. Seasonal variation in the reproductive biology of the ring billed gull (*Larus delawarensis*). – M.Sc. thesis, Brock University, St. Cathrines, Ontario., 102 p.
- Chudzik, J. M., K. D. Graham et R. D. Morris. 1994. Comparative Breeding Success and diet of Ring-Billed and Herring Gulls on South Limestone Island, Georgian Bay. *Colonial Waterbirds*, 17: 18-27.
- Davis, J. W. F. 1975. Age, egg-size and breeding success in the Herring Gull *Larus argentatus*. *Ibis* 117: 460-473.
- Dexheimer, M., et W. E. Southern. 1974. Breeding success relative to nest location and density in Ring-billed Gull colonies. *Wilson Bulletin* 86: 288-290.
- Dinsmore, S. J., et J. J. Dinsmore. 2007. Modeling avian nest survival in program MARK. *Studies in Avian Biology* 34: 73-83.
- Dolbeer, R. A., J. L. Belant et J. L. Silling. 1993. Shooting gulls reduces strikes with aircraft at John F. Kennedy International Airport. *Wildlife Society Bulletin* 21: 442-450.
- Duhem, C., P. Roche, E. Vidal et T. Tatoni. 2008. Effects of anthropogenic food resources on yellow-legged gull colony size on Mediterranean islands. *Population Ecology* 50: 91-100.
- Dwyer, C. P., J. L. Belant et R. A. Dolbeer. 1996. Distribution and Abundance of Roof-Nesting Gulls in the Great Lakes Region of the United States. *Ohio Journal of*

Science 96(1): 9-12.

En ligne. <https://kb.osu.edu/dspace/bitstream/1811/23691/1/V096N1_009.pdf>.

Edwards, C. A., N. Q. Arancon et R. Sherman. 2010. Vermiculture Technology: Earthworms, Organic Wastes, and Environmental Management: CRC Press.

Elmen, J. T., D. E. Miller, R. M. Evans et D. H. Thompson. 1966. Predator-induced parental neglect in a ring-billed gull colony. *The Auk* 83: 677-679.

Gauthier, G. et S. Brault. (1998). Population model of the greater snow goose: Projected impacts of reduction in survival on population growth rate. p. 65-80 in B.D.J. Batt, ed. *The Greater Snow Goose: Report of the Arctic Goose Habitat Working Group*. Arctic Goose Joint Venture Special Publication. U.S. Fish and Wildlife Service, Washington, D.C. and Canadian Wildlife Service, Ottawa, Ontario.

Haymes, G. T., et H. Blokpoel. 1978. Reproductive success of Larids nesting on Eastern Headland of the Toronto Outer Harbour in 1977. *Ontario Field Biology* 32: 1-17.

Herring, G., et J. T. Ackerman. 2011. California gull chicks raised near colony edges have elevated stress levels. June 2011. USGS Publication Brief for Resource Managers. <http://www.werc.usgs.gov/pubbriefs>

Hill, M. R. J., R. T. Alisauskas, C. D. Ankney et J. O. Leafloor. 2003. Influence of body size and condition on harvest and survival of juvenile Canada geese. *Journal of Wildlife Management* 67: 530-541.

Hiom, L., M. Bolton, P. Monaghan, et D. Worrall. 1991. Experimental for food limitation of egg production in gulls. *Ornis Scandinavica*, 22: 94-97.

Howell, S. N.G., et J. Dunn. 2007. *Gulls of the Americas*: Houghton Mifflin, New York, USA: Peterson Reference Guides, 516 p.

Humphrey, Q. et P., Crick. 2004. The impact of climate change on birds. *Ibis* 146 (Suppl1): 48-56.

Hunter, R. A. et R. D. Morris. 1976. Nocturnal predation by a Black-crowned Night Heron at a Common Tern colony. *Auk* 93: 629-633

Jones, T., et W. Cresswell. 2010. The phenologie mismatch hypothesis: are declines of migrant birds linked to uneven global climate change? *Journal of Animal Ecology* 79: 98-108.

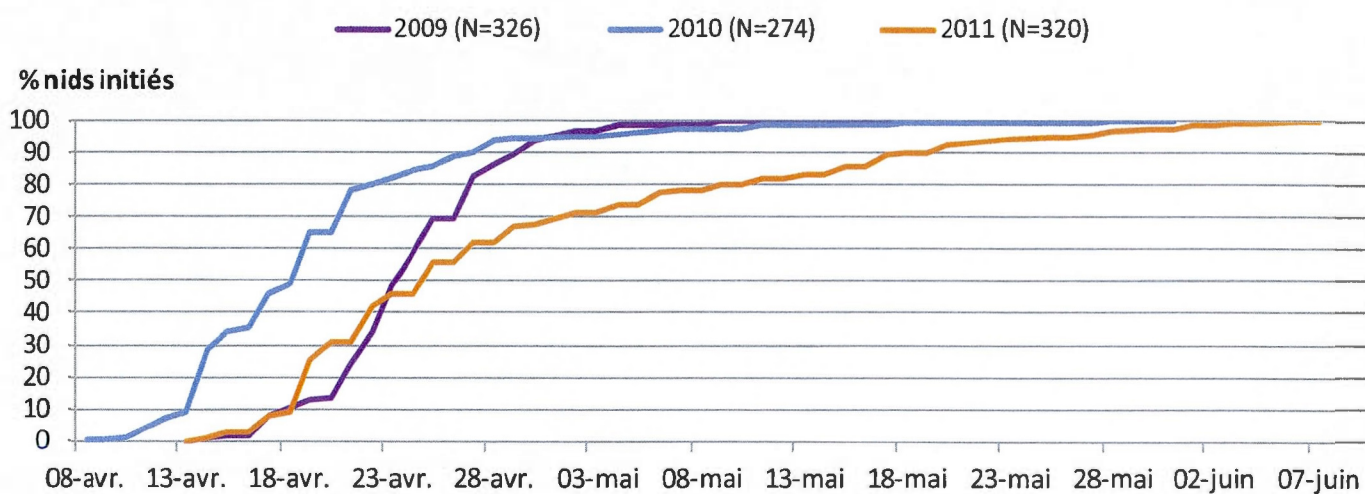
- Lack, D., 1954. The natural regulation of animal numbers. Clarendon Press, Oxford, 343 p.
- Lagrenade, M.-C., et P. Mousseau. 1981. Reproduction des Goélands à bec cerclé à l'île de la Couvée, Québec. *Le naturaliste canadien* 108: 119-130.
- Lebreton, J. D., K. P. Burnham, J. Clobert et D. R. Anderson. 1992. Modeling survival and testing biological hypotheses using marked animals: a unified approach with case studies». *Ecological Monographs* 62: 67-118.
- Lehikoinen, A. & Jaatinen, K. 2012. Delayed autumn migration in Northern European waterfowl. *Journal of Ornithology*, 152: 563-570
- Lévesque, B., Brousseau, P., Bernier, F., Dewailly, E., et Joly, J. 2000. «Study of the bacterial content of ring-billed gull droppings in relation to recreational water quality». *Water Resource* 34: 1089-1096.
- MDDEP (2011). Politique québécoise de gestion des matières résiduelles. Plan d'action 2011-2015. Ministère du Développement durable de l'Environnement et des Parcs Gouvernement du Québec: 34 p
- Møller AP, Garamszegi LZ, Spottiswoode CN. 2008. Genetic similarity, distribution range and sexual selection. *Journal of Evolutionary Biology* 21: 213–225.
- Mousseau, P., et M.-C. Lagrenade. 1980. Succès de reproduction et contaminants présents chez le Goéland à bec cerclé du sud-ouest du Québec. Rapp. Prépare par le Centre de rech. ecol. Montréal pour le Service Canadien Faune, Environnement Canada, 128 p.
- Mousseau, P. 1984. Établissement du Goéland à bec cerclé, *Larus delawarensis*, au Québec. *Canadian Field-Naturalist* 98: 29-37.
- Mousseau, P. 1984. A Comparison of Two Methods to Assess the Breeding Success of Ring-Billed Gulls. *Journal of Field Ornithology*, Vol. 55: 151-159.
- Niebuhr, V. 1981. An investigation of courtship feeding in herring gulls . *Ibis* 123: 218-223.
- Patenaude-Monette, M. 2011. Caractérisation des habitats d'alimentation du Goéland à bec cerclé dans le Sud du Québec. Mémoire de maîtrise, Montréal, Université du Québec à Montréal, 65 p.
- Parmesan C, Yohe G. 2003. A globally coherent fingerprint of climate change impacts across natural systems. *Nature* 421: 37–42.

- Patton, S. R. 1988. Abundance of gulls at Tampa Bay landfills. *Wilson Bulletin* 100: 431-442.
- Pollet, I.L., Shutler, D., Chardine, J. et Ryder, J.P. 2012. Ring-billed Gull (*Larus delawarensis*). The Birds of North America Online.
- Pons J-M et Migot P. 1995. Life-history strategy of the herring gull: changes in survival and fecundity in a population subjected to various feeding conditions. *Journal of Animal Ecology* 64: 592-599.
- R Development Core Team. 2011. R Software version 2.12.2. Vienna, Austria.
- Racine, F. et al. 2012. Présence et utilisation d'information sociale dans une colonie de Goélands à bec cerclé. *Animal behavior*.
- Reid, W. V. 1987a. The cost of reproduction in the Glaucous-winged Gull. - *Oecologia*, Berlin 74: 458-467.
- Root TL, et al. 2003. Fingerprints of global warming on wild animals and plants. *Nature*, 421: 57-60.
- Robert, H. C. et W. Drury, 1972. Measuring breeding success in common and roseate terns. *Bird banding*, 43: 97-106.
- Robert, H. C. et C. J. Ralph. 1975. Effects of human disturbance on the breeding success of gulls. *Condor* 77: 495-499.
- Ryder, J. P. 1975. Egg-laying, egg-size and success in relation to immature-mature plumage of ring-billed gull. *Wilson Bulletin* 87: 534-542.
- Ryder, P. L., et J. P. Ryder. 1981. Reproductive Performance of Ring-Billed Gulls in Relation to Nest Location. *The Condor* 83(1): 57-60.
- Schmutz, J. A., et C. R. Ely. 1999. Survival of Greater White-fronted Geese: effects of year, season, sex, and body condition. *Journal of Wildlife Management* 63: 1239-1249.
- Sin-Yeon, K. et P. Monaghan. 2005. Effects of vegetation on nest microclimate and breeding performances of lesser black-backed gulls (*Larus fuscus*). *Journal of Ornithology* 146: 176-183.
- Somppi, P. L. 1978. Reproductive performance of Ring-billed Gulls in relation to nest location. M.Sc. thesis, Lakehead University, Thunder Bay, Ontario.

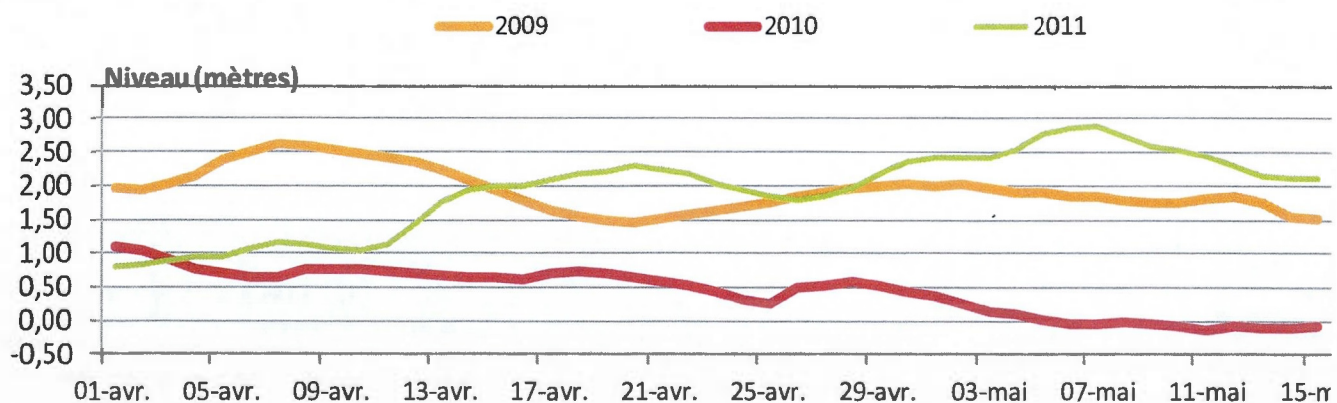
- Southern, L. k. et, W. Southern. 1982. Effect of Habitat Decimation on Ring-Billed Gull Colony- and Nest-Site Tenacity. *The Auk* 99: 328-331
- Thiériot, E. 2012. Évaluation de différentes techniques d'effarouchement des Goélands dans les lieux d'enfouissement technique. Mémoire de maîtrise, Montréal, Université du Québec à Montréal, 59 p.
- Vermeer, K. 1970. Breeding biology of California and Ring-billed gulls: a study of ecological adaptation to the inland habitat. Canadian Wildlife Service. Rep. Ser. 12
- Walther GR, et al. 2002. Ecological responses to recent climate change. *Nature* 416: 389–395.
- Weiser, E. L., et A. N. Powell. 2010. Does garbage in the diet improve reproductive output of Glaucus gulls?. *The Condor* 112: 530-538.
- Yorio, P., Bertellotti, M. et Quintana, F. 1995. Preference for covered nest sites and breeding success in Kelp Gulls *Larus dominicanus*. *Marine Ornithology* 25: 121–128.

ANNEXES : FIGURES ET TABLEAUX

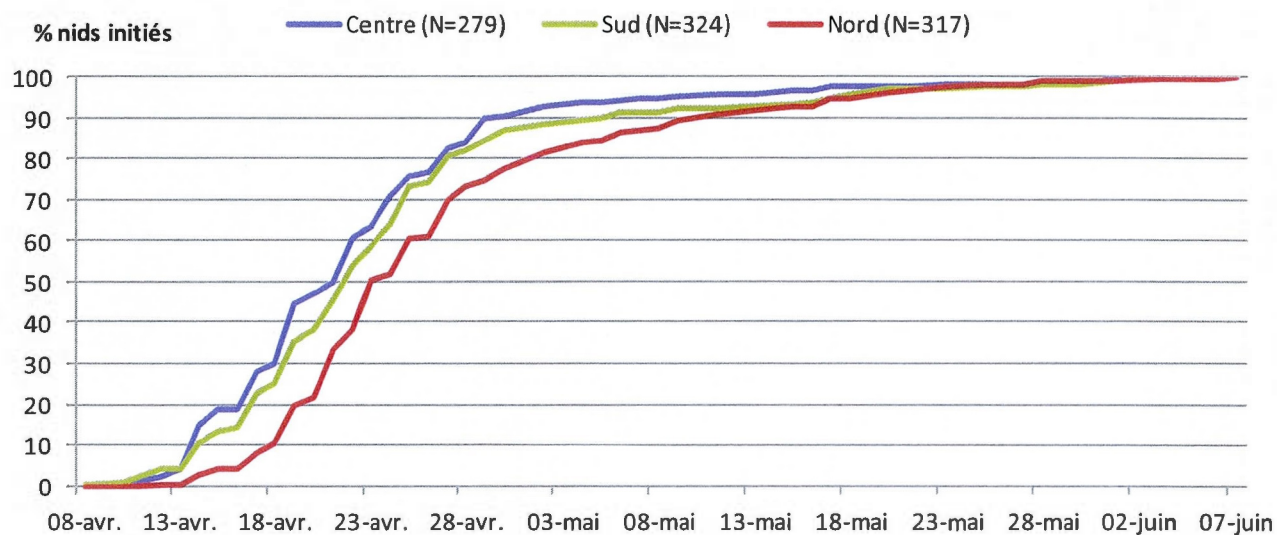
Annexe 1 : Chronologie de nidification des Goélands à bec cerclé pour l'ensemble de la colonie de l'île Deslauriers, Varennes, 2009-2011. Les données entre parenthèses représentent le nombre de nids initiés durant chaque année d'étude.



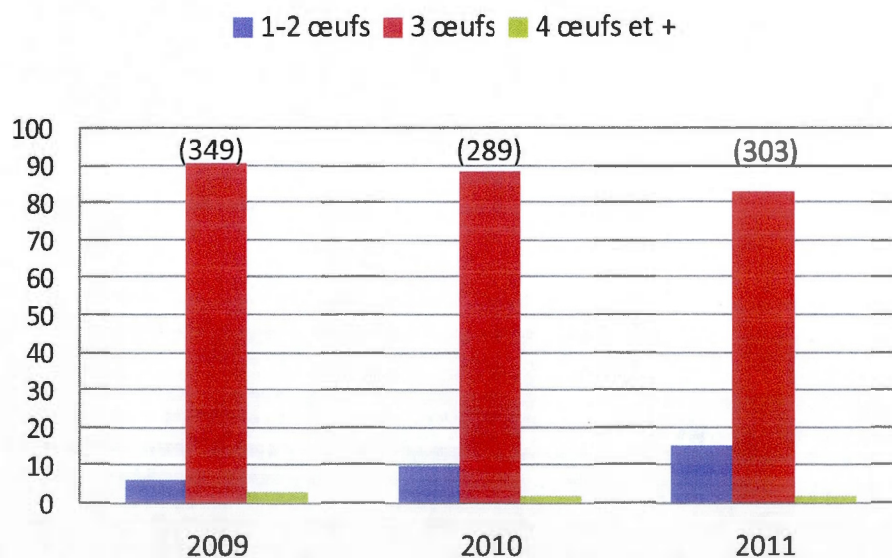
Annexe 2 : Niveau d'eau du fleuve St-Laurent pour la région de Varennes, durant les mois d'avril et mai entre 2009 et 2011 à la station d'enregistrement de Varennes. Données de Pêches et Océans Canada.



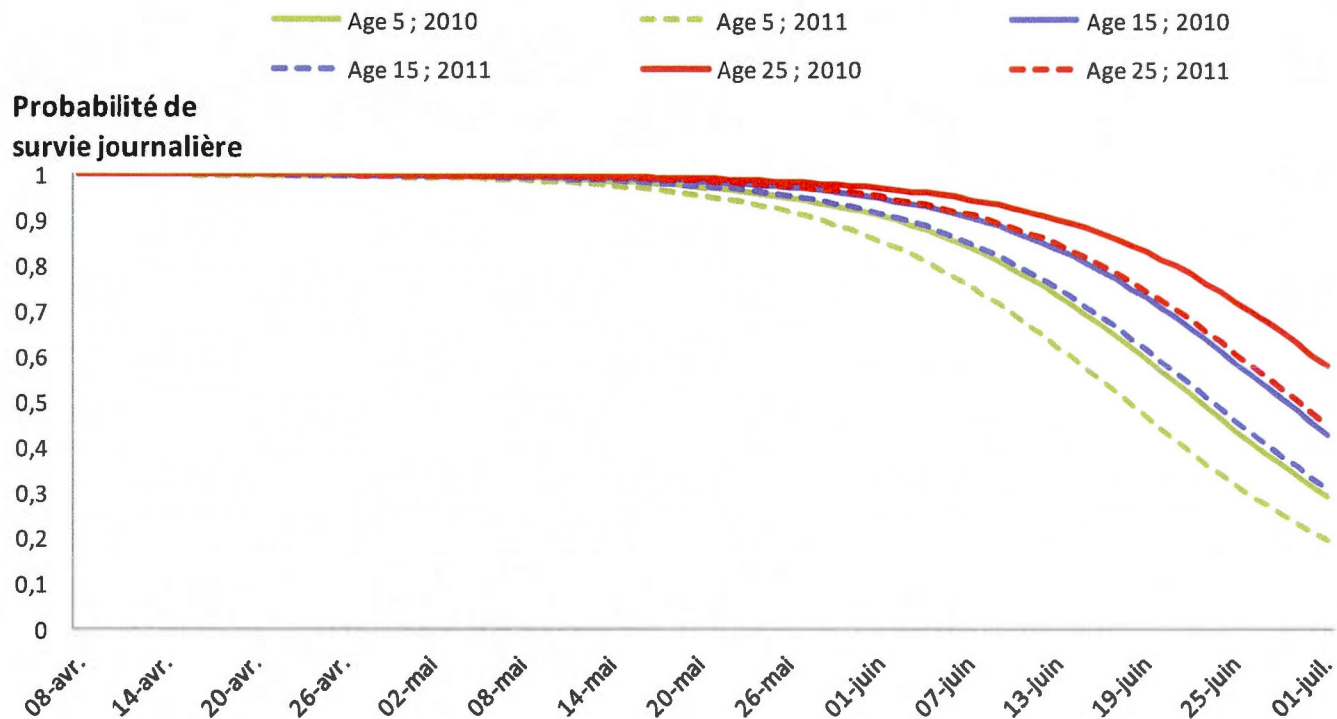
Annexe 3 : Chronologie de nidification des Goélands à bec cerclé pour trois sections de la colonie de l'île Deslauriers, Varennes, 2009-2011. Les données entre parenthèses représentent le nombre de nids initiés dans chaque section pour toutes les années d'étude.



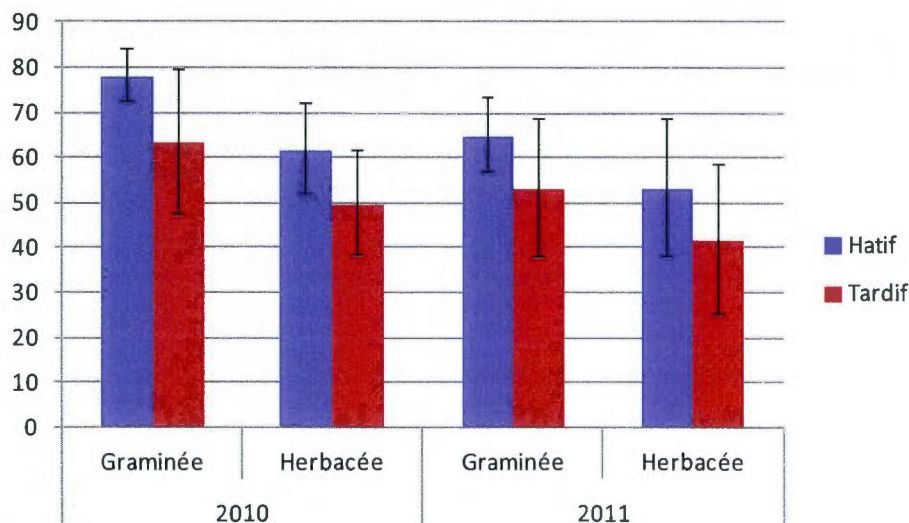
Annexe 4 : Fréquence de la taille de ponte des Goélands à bec cerclé de la colonie de l'île Deslauriers, Varennes, 2009-2011. Les données entre parenthèses indiquent le nombre de nids suivis à chaque année.



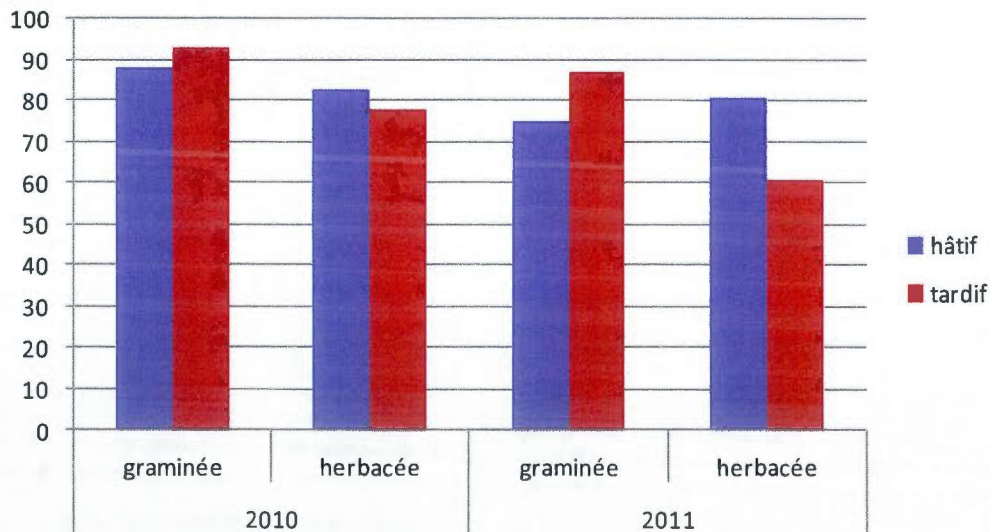
Annexe 5 : Estimation de la survie journalière des nids de Goélands à bec cerclé à la colonie de l'île Deslauriers, Varennes, durant la période d'incubation en 2010 et 2011 pour 3 catégories d'âge de nids (5, 15 et 25 jours).



Annexe 6 : Taux de survie (%) des juvéniles de Goélands à bec cerclé marqués peu après leur éclosion et recapturés avant leur envol selon la chronologie de nidification, l'année et le type de végétation du site de nidification à la colonie de l'île Deslauriers, Varennes. Les taux ont été estimés à partir d'un modèle de régression logistique et sont exprimés avec \pm ET.



Annexe 7 : Pourcentage des juvéniles de Goélands à bec cerclé qui ont survécu après le baguage selon la chronologie de nidification, l'année et le type de végétation du site de nidification à la colonie de l'île Deslauriers, Varennes.



Annexe 8 : Taille de ponte moyenne (\pm ET) des Goélands à bec cerclé de la colonie de l'île Deslauriers, Varennes, 2009-2011. Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P>0.05$).

Année	Moyenne (\pm ET)
2009 (349)	2,97 \pm 0,02 A
2010 (289)	2,91 \pm 0,02 A
2011 (303)	2,86 \pm 0,02 B

Annexe 9 : Sélection de modèles de la survie des nids de Goéland à bec cerclé basée sur le critère d'information d'Akaike (AIC) incluant le nombre de paramètres et le poids de chaque modèle pour examiner l'effet de l'année, de la section de l'île, du couvert de végétation, de l'âge du nid et de la date de la saison à la colonie de l'île Deslauriers, Varennes, 2010-2011.

Modèles	AICc	Δ AICc	Poids de l'AICc	Vraisemblance du modèle	Nombre de paramètres	Déviance
{B0+B1 xDate+B2 xAnnée+B3 xAgejour1}	914,952	0,0000	0,59415	1,0000	4	906,9491
{B0+B1 xDate+B2 xAnnée+B3 xOuest+B4 xCentre+B5 xAgejour1}	917,678	2,7260	0,15204	0,2559	6	905,6721
{B0+B1 xDate+B2 xAgejour1}	918,0224	3,0704	0,12799	0,2154	3	912,0207
{B0+B1 xDate+B2 xAnnée+B3 xOuest+B4 xCentre+B5 xAgejour1+B6 xHabitat}	918,6757	3,7237	0,09232	0,1554	7	904,6677
{B0+B1 xDate+B2 xOuest+B3 xCentre+B4 xAgejour1}	920,7682	5,8162	0,03243	0,0546	5	910,7639

Annexe 10 : Taux d'éclosion (moyenne \pm ET) des œufs de Goélands à bec cerclé dans les nids avec succès à l'île Deslauriers, Varennes, 2009-2011. Les moyennes suivies d'une même lettre ne sont pas significativement différentes ($P > 0,05$).

Année (n)	Taux d'éclosion	
2009 (232)	$0,74 \pm 0,02$	B
2010 (252)	$0,81 \pm 0,02$	A
2011 (235)	$0,76 \pm 0,02$	AB

Annexe 11 : Synthèse des différents paramètres du succès de reproduction des Goélands à bec cerclé de l'île Deslauriers, Varennes, 2010-2011.

Paramètres	2010	2011
Taille de ponte (\pm ET)	$2,91 \pm 0,02$	$2,86 \pm 0,02$
Survie des nids (\pm ET)	$0,88 \pm 0,02$	$0,72 \pm 0,02$
Succès d'éclosion (\pm ET)	$0,81 \pm 0,02$	$0,76 \pm 0,02$
Survie des poussins (\pm ET)	$0,63 \pm 0,15$	$0,56 \pm 0,16$
Succès de reproduction (nb jeunes/couples)	1,3	0,9

Annexe 12 : Comparaison de différentes variables du succès reproducteur du Goéland à bec cerclé à l'île Deslauriers en 1979, 2010 et 2011. Les données de 1979 proviennent de Mousseau et Lagrenade (1979).

	Année		
	1979	2010	2011
Taille de ponte	2,95	2,91	2,86
Succès d'éclosion ^a	0,67	0,74	0,70
Succès d'envol par œuf éclos ^b	0,92	0,61	0,53
Succès de reproduction ^c	1,8	1,3	1,1

^a : Le succès d'éclosion est calculé comme étant le nombre d'œufs éclos sur le nombre total d'œufs pondus pour l'ensemble des nids.

^b : Le succès d'envol a été calculé pour des jeunes de 23 jours par Mousseau et Lagrenade (1979) et 29 jours dans la présente étude. Il s'agit du nombre de jeunes bagués ayant survécu sur le nombre d'œufs éclos.

^c : Le succès de reproduction représente le nombre de jeunes par couple et est calculé en multipliant la taille de ponte, le succès d'éclosion et le succès d'envol.

Annexe 13 : Mesures morphométriques et masse des Goélands à bec cerclé juvéniles avant leur envol à l'île Deslauriers, Varennes, 2010-2011 selon le type de végétation du site de nidification. Les moyennes suivies d'une même lettre pour chaque caractéristique ne sont pas significativement différentes ($P > 0.05$).

	2010		2011	
	Graminée	Herbacée	Graminée	Herbacée
Tête (mm)	79,5 \pm 0,3 A	79,1 \pm 0,3 A	76,2 \pm 0,4 B	75,7 \pm 0,3 B
Culmen (mm)	30,1 \pm 0,2 A	29,1 \pm 0,2 B	28,9 \pm 0,2 B	28,0 \pm 0,2 C
Tarse (mm)	52,0 \pm 0,3 A	50,1 \pm 0,3 AB	51,1 \pm 0,3 B	47,9 \pm 0,3 C
Masse (g)	399,0 \pm 4,3 A	406,8 \pm 4,5 A	375,0 \pm 5,1 B	366,1 \pm 4,9 B